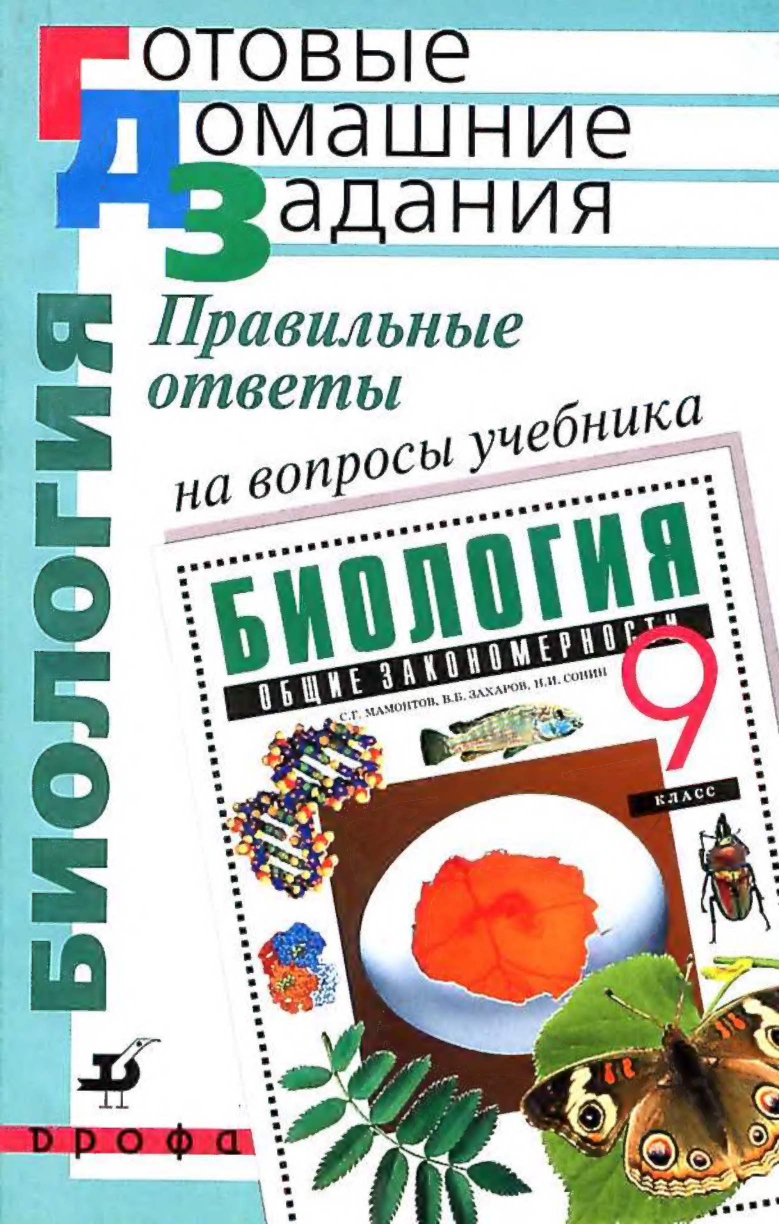


Готовые
Домашние
Задания
Правильные ответы
на вопросы учебника
БИОЛОГИЯ
ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
С.Г. МАМОНТОВ, В.Б. ЗАХАРОВ, Н.И. СОНИН
9
КЛАСС
БИОЛОГИЯ
ДРОФА

Готовые
Домашние
Задания

В. Б. Захаров, Д. Ю. Петров, Е. Т. Захарова

БИОЛОГИЯ

Правильные ответы на вопросы учебника

С. Г. Мамонтова, В. Б. Захарова, Н. И. Сонина

«Биология. Общие закономерности. 9 класс»



Москва · 2005

УДК 373.167.1:57
ББК 28.0я72
З-38

Захаров, В. Б.

З-38 Правильные ответы на вопросы учебника С. Г. Мамонтова, В. Б. Захарова, Н. И. Сонина «Биология. Общие закономерности. 9 класс» / В. Б. Захаров, Д. Ю. Петров, Е. Т. Захарова. — М. : Дрофа, 2005. — 238, [2] с. — (Готовые домашние задания).
ISBN 5-7107-9558-5

Пособие содержит ответы на вопросы к параграфам учебника С. Г. Мамонтова, В. Б. Захарова, Н. И. Сонина «Биология. Общие закономерности. 9 класс».

Пособие облегчит выполнение домашних заданий и повторение пройденного материала при подготовке к экзаменам, а при вынужденных пропусках занятий поможет самостоятельно разобраться в учебном материале.

Пособие адресовано учащимся 9 классов, изучающим биологию по данному учебнику.

УДК 373.167.1:57
ББК 28.0я72

ISBN 5-7107-9558-5

Предисловие

Дорогой друг!

Перед вами пособие «Готовые домашние задания». Оно содержит ответы на вопросы к параграфам учебника «Биология. Общие закономерности» для 9 класса.

Ответы на вопросы разделов, посвященных наиболее трудным для понимания общебиологическим закономерностям, содержат подробную информацию по теме, которую вы не сможете почерпнуть из текста данного параграфа. Они часто расширяют и уточняют пройденный материал, а также содержат обобщения сведений, полученных вами при изучении биологии в предыдущих классах.

В ответах к другим разделам учебника приведены только самые необходимые сведения и понятия.

Авторы надеются, что это пособие облегчит выполнение домашних заданий и повторение изученного при подготовке к экзаменам, а при вынужденных пропусках занятий поможет вам самостоятельно разобраться в учебном материале.

Академик РАЕН, профессор
В. Б. Захаров

Раздел 1

Эволюция живого мира на Земле

Глава 1

Многообразие живого мира. Основные свойства живых организмов

Вопрос 1. Перечислите биологические полимеры, входящие в состав живых систем.

Биологическими полимерами (от греч. *«поли»* — много) называют сложные органические вещества, состоящие из более простых молекул — звеньев — мономеров (от греч. *«моно»* — один). К ним относят *белки*, сложные сахара — *углеводы* и *нуклеиновые кислоты*.

Вопрос 2. Какие уровни организации живой материи вы знаете?

Выделяют несколько уровней организации живой материи как для удобства изучения процессов жизнедеятельности, так и в связи с различными формами про-

явления свойств живого на каждом из них.

1. ***Молекулярный.*** Любая живая система, как бы сложно она ни была устроена, осуществляет все проявления жизнедеятельности на уровне взаимодействия биологических макромолекул (нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов) и других важных органических соединений. На этом уровне начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности: обмен веществ, превращение энергии, передача наследственной информации.

2. ***Клеточный.*** Клетка — структурная и функциональная единица, а также единица размножения и развития всех живых организмов, обитающих на Земле. Исключение составляют вирусы и бактериофаги — неклеточные формы, но, находясь вне клеток других организмов, они комплекса признаков живого не проявляют.

3. ***Тканевый.*** Ткань представляет собой совокупность нескольких типов клеток и межклеточного вещества, объединенных выполнением общей функции.

4. ***Органный.*** У большинства многоклеточных животных и растений орган — это структурно-функциональное объединение нескольких тканей, связанных выполнением общих функций и занимаю-

щих определенное положение в организме.

5. ***Организменный.*** Организм представляет собой целостную одноклеточную или многоклеточную живую систему, способную к самостоятельному существованию. Многоклеточный организм образован совокупностью тканей и органов, специализированных на выполнении различных функций.

6. ***Популяционно-видовой.*** Совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания, создает популяцию как систему надорганизменного порядка. Из популяций состоит вид — единственная реально существующая систематическая единица живой природы. Организмы одного вида репродуктивно изолированы от представителей других видов.

7. ***Биогеоценотический.*** Биогеоценоз — совокупность организмов разных видов животных, растений, грибов и микроорганизмов со всеми факторами среды их обитания — компонентами атмосферы, гидросферы и литосферы. Он включает органические и неорганические вещества, автотрофные и гетеротрофные организмы. Основные функции биогеоценоза — накопление (аккумуляция) и перераспределение энергии.

8. ***Биосферный.*** Это высший уровень организации жизни на Земле. На биосферном уровне происходит круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов планеты Земля.

Вопрос 3. Как взаимосвязаны различные уровни организации живой материи?

Организация живой материи построена на принципах иерархичности (соподчинения) и дискретности (подразделения на части). Каждый предыдущий уровень является частью последующего. Клетки состоят из отдельных органоидов, ткани — из клеток, органы — из тканей и т. д. Подобное деление позволяет осуществить замену части без прекращения функционирования целостной системы, а также возможность специализации различных частей на неодинаковых функциях.

Вопрос 4. Чем отличаются обменные процессы в неживой природе от обмена веществ у живых организмов?

В живых организмах процессы обмена веществ связаны с преобразованием молекул. В отличие от этого в неживой природе обмен веществами носит характер перемещения из одного места в другое.

Вопрос 5. Что такое самовоспроизведение (репродукция) живых организмов? Что лежит в ее основе?

Самовоспроизведение (*репродукция*) — способность живых систем воспроизводить себе подобных. Осуществляется репродукция на всех уровнях организации живого. В основе самовоспроизведения лежит удвоение молекул ДНК.

Вопрос 6. Что такое развитие? Какие формы развития вы знаете?

Развитие живой природы — ***эволюция*** — необратимое, направленное, закономерное изменение живой природы, сопровождающееся приобретением адаптаций (приспособлений), возникновением новых видов и вымиранием существовавших прежде форм.

Онтогенез — *индивидуальное развитие* организма начинается с момента оплодотворения и образования зиготы и завершается смертью; заключается в последовательной смене комплексов признаков и свойств (фенотипов), в основе которой лежит изменение активности генетических программ.

У конкретных живых организмов развитие сопровождается ростом — увеличением массы организма за счет репродук-

ции структур на всех уровнях организации внутри организма.

Вопрос 7. Что такое раздражимость? Какое значение она имеет для приспособления к условиям существования?

Раздражимость — это способность организма избирательно реагировать на внешнее воздействие.

Раздражимость имеет приспособительное значение, позволяя адекватно реагировать, например на пищу или потенциальную опасность; выбирать оптимальные условия для существования.

Вопрос 8. Приведите примеры саморегуляции физиологических процессов в организме.

Одним из примеров саморегуляции физиологических процессов в организме является колебание концентрации глюкозы в крови человека. При повышении концентрации глюкозы в кровеносном русле клетками поджелудочной железы выделяется гормон инсулин (известный вам из курса анатомии человека), который запускает механизмы перевода глюкозы из крови в клетки, где она запасается в виде полисахарида — гликогена. При снижении концентрации глюкозы в крови гормон глюкагон активирует расщепление гликогена до глюкозы и выход глюкозы

из клетки в кровеносное русло. Таким образом, обеспечивается постоянство концентрации сахара в крови, что является условием для постоянного и равномерного снабжения глюкозой клеток мозга и других жизненно важных органов.

Вопрос 9. В чем значение ритмичности процессов жизнедеятельности?

Ритмичность процессов жизнедеятельности организмов является приспособлением к периодически меняющимся условиям окружающей среды. Она позволяет повышать активность организма в наиболее благоприятные периоды времени и экономить жизненные силы в те часы, когда воздействие среды оказывается неблагоприятным.

Так, например, ночные охотники совы, кошачьи и другие проявляют повышенную двигательную активность, что позволяет им успешно охотиться под покровом ночи.

Ритмы в живой природе могут быть и с более длительными периодами, например сезонные.

Вопрос 10. Дайте определение жизни.

Наиболее точное определение жизни дал современный отечественный ученый М. В. Волькенштейн: «Живые тела, су-

ществующие на Земле, представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот». Сюда можно добавить и другие известные вам свойства живых систем: раздражимость, ритмичность, способность к избирательной реакции на внешние воздействия и обмену веществ.

Глава 2

Развитие биологии в додарвиновский период

§ 1. Становление систематики

Вопрос 1. Что такое систематика?

Систематика — раздел биологии, посвященный описанию, обозначению и классификации всех существующих и вымерших организмов, установлению родственных связей между отдельными видами и группами видов.

В основе любой систематики растений или грибов, животных или микроорганизмов лежит принцип иерархичности. Иными словами, все живое вначале подразделяется на самые крупные группы — царства. В них выделяют подцарства, а в по-

следних — крупные таксоны (от греч. *«таксис»* — расположение в порядке), типы (у животных) или отделы (у растений). Внутри типов (отделов) различают классы, в них — отряды, семейства, роды и, наконец, виды.

Вопрос 2. По какому принципу построена классификация организмов К. Линнея?

Ученый описал более 8 тыс. видов растений и 4 тыс. видов животных, установил единообразную терминологию и порядок описания видов. Он объединил сходные виды в роды, роды в отряды, а отряды в классы. Таким образом, в основу своей классификации он положил *принцип иерархичности*, т. е. соподчинения таксонов.

Вопрос 3. Что такое естественная система природы?

Естественная система природы отражает происхождение живых организмов и основана на их сходстве и родстве по совокупности существенных черт строения. Естественная система живого мира формируется и в настоящее время. Ученые открывают и описывают новые виды существующих и сейчас животных и растений, а также ископаемых форм. Используя современные биохимические и генетические методы, исследователи учитывают родст-

во, близость или отсутствие родства тех или иных видов.

Вопрос 4. Какие царства, типы, классы, семейства, роды и виды живых организмов вы знаете?

Царства: Прокариоты, Вирусы, Грибы, Растения, Животные.

Типы (таксономическая категория в систематике животных, у растений — отделы): Кишечнополостные, Кольчатые черви, Членистоногие, Хордовые и др.

Классы (например, в типе Хордовые): Ланцетники, Хрящевые рыбы, Костные рыбы, Земноводные, Пресмыкающиеся, Птицы, Млекопитающие.

Семейства (например, в классе Млекопитающие, отряде Хищные): Собачьи, Медвежьи, Кошачьи и др.

Роды (например, в семействе Хищные): Волк, Лисица, Песец и др.

Виды (например, в роде Волк): Обыкновенный, или Серый, волк, Рыжий волк и др.

§ 2. Эволюционная теория Жана Батиста Ламарка

Вопрос 1. Чем можно объяснить господство представлений о неизменности видов в XVIII в.?

Во времена господства религиозных представлений ученые полагали, что ви-

ды организмов созданы независимо друг от друга Творцом и остаются неизменными. «Видов столько, сколько их создал в начале мира Всемогущий», — говорил Линней. И действительно, на протяжении жизни конкретного человека в то время мало что изменялось в окружающей природе. Никто не видел, как из одного вида возникает другой, т. е. процесс видообразования, занимающий многие десятки тысяч лет, не мог быть замечен за короткую человеческую жизнь. Помимо этого, практика селекционной работы еще не приобрела той широты, которая продемонстрировала бы на этой модели процесс эволюционных преобразований в дикой природе. По мере накопления знаний об окружающем мире (экспедиционных материалов, палеонтологических находок) становилось понятно, что в ходе исторического развития природы многие виды исчезали, а другие появлялись вновь. Одним из первых ученых, сумевшим обобщить накопленные факты и создавшим первую эволюционную теорию, был Жан Батист Ламарк.

Вопрос 2. Какой вклад в биологию внес Ж. Б. Ламарк? Изложите основные положения эволюционной теории Ламарка.

Жан Батист Ламарк (1744—1829) — ученый, создавший первую эволюционную теорию, внесший своими

трудами большой вклад в развитие биологии; сам термин «биология» принадлежит ему. Теория эволюции Ламарка, в отличие от многих других умозрительных догадок, опиралась на факты. Мысль о непостоянстве видов возникла у него в результате глубокого изучения строения растений и животных.

Ламарк описал основные положения своей теории в книге «Философия зоологии», изданной в 1809 г. Он разработал систему градаций, в которой расположил все живые организмы по степени сложности организации и заложил в нее принцип развития от простого к сложному. Отрицая существование видов, Ламарк считал элементарной эволюционной единицей отдельную особь. Ученый полагал, что каждому организму присуще стремление к совершенствованию. Это стремление реализуется особями в процессе «упражнения» или «неупражнения» организма и отдельных его органов при непосредственном участии факторов внешней среды. В результате этого возникают незначительные изменения признаков, которые передаются по наследству. Однонаправленные изменения, по мнению Ламарка, могли накапливаться в ряду поколений в течение многих лет (сотни и тысячи лет) и приводить к возникновению новых форм организмов.

Вопрос 3. Охарактеризуйте верные и ошибочные положения теории эволюции Ж. Б. Ламарка.

Верные положения

1. Для живой природы характерна эволюция.

2. Факторы среды принимают непосредственное участие в формировании приспособлений.

3. Скорость эволюционных преобразований составляет сотни тысяч и миллионы лет.

Ошибочные положения

1. Эволюционная единица — особь. (Элементарной единицей эволюции является вид, а не каждая особь, как полагал Ламарк.)

2. Стремление к совершенствованию.

3. Благоприобретенные — фенотипические изменения, возникшие в результате воздействия факторов среды, наследуются.

Вопрос 4. Могут ли наследоваться признаки, приобретенные в течение жизни организма?

Признаки, приобретенные в течение жизни организма, не наследуются, так как эти изменения не затрагивают наследственного материала и их развитие обусловлено воздействиями факторов внешней среды на проявление генотипа, т. е. на фенотип.

Глава 3

Теория Чарлза Дарвина о происхождении видов путем естественного отбора

§ 3. Научные и социально-экономические предпосылки возникновения теории Чарлза Дарвина

Вопрос 1. Какие данные геологии послужили предпосылкой эволюционной теории Дарвина?

Английский геолог Ч. Лайель доказал несостоятельность представлений о внезапных катастрофах, изменяющих поверхность Земли, и обосновал противоположную точку зрения: поверхность планеты изменяется непрерывно и не под влиянием каких-то особых сил, а под действием обычных повседневных факторов — колебаний температуры, ветра, дождя, прибоя и жизнедеятельности растительных и животных организмов. К числу постоянно действующих природных факторов Лайель отнес землетрясения и извержения вулканов. Сходные мысли задолго до Лайеля высказывали Ломоносов и Ламарк, но Лайель подкреплял свою теорию многочисленными и строгими доказательствами.

Вопрос 2. Какие открытия в биологии способствовали формированию эволюционных взглядов Ч. Дарвина?

1. ***Открытие К. Бэром закона зародышевого сходства:*** «Зародыши проявляют известное общее сходство в пределах типа». Российский ученый-эмбриолог Карл Максимович Бэр установил, что в процессе эмбриогенеза сначала появляются самые общие признаки типа, к которому относится животное, затем последовательно развиваются признаки класса, отряда, семейства, рода, вида и, наконец, индивидуальные признаки особи.

2. ***Достижения в области химии.*** Немецкий химик Фридрих Велер впервые синтезировал мочевину, доказав возможность синтеза органических соединений из неорганических.

3. ***Клеточная теория Т. Шванна.*** В конце 30-х гг. XIX в. немецкий физиолог Теодор Шванн, тщательно исследовав строение многих живых организмов, заключил, что в основе строения всех живых организмов лежит один и тот же структурный элемент — клетка.

4. ***Большое количество палеонтологических находок.*** В начале XIX в. французский ученый-зоолог Жорж Кювье благодаря использованию принципов сравнительной анатомии и физиологии смог

реконструировать целые ископаемые организмы по немногим, найденным при раскопках частям. Полученные им данные послужили фундаментом для эволюционной теории, хотя сам он придерживался противоположных взглядов.

5. ***Собственный экспедиционный материал.*** Кругосветное путешествие сыграло исключительную роль в формировании взглядов английского естествоиспытателя Чарлза Роберта Дарвина на процессы эволюции органического мира и определило всю его дальнейшую деятельность. В экспедиции им был собран огромный материал по фауне и флоре, коллекции неизвестных ископаемых животных, геологических пород и минералов. Он описал множество южноамериканских и островных животных — грызунов, хищных птиц, галапагосских ящериц, черепах, вьюрков. Удивительное разнообразие фауны и флоры, а также очевидная приспособленность организмов к среде их обитания навела Ч. Дарвина на мысль об изменчивости видов.

Вопрос 3. Какие наблюдения Ч. Дарвина поколебали его веру в неизменность видов?

Во время путешествия Ч. Дарвина вокруг света на корабле «Бигль», длившего-

ся пять лет, где он находился в качестве натуралиста, очень точно и профессионально им были сделаны наблюдения, которые и заставили Дарвина задуматься над причинами сходства и различия между видами.

Важная его находка, обнаруженная в геологических отложениях Южной Америки, — это скелеты вымерших гигантских неполнозубых млекопитающих, очень сходных с современными броненосцами и ленивцами.

Еще большее значение имело изучение видового состава животных на Галапагосских островах. На этих вулканических островах Дарвин обнаружил близкие виды птиц вьюрков, сходные с материковым видом, но приспособившиеся к разным источникам питания — твердыми семенами, насекомыми, нектаром цветков. Объяснить их происхождение с точки зрения неизменности видов Дарвин не мог. Как не мог он и объяснить особенности развития грызуна туко-туко с островов Зеленого Мыса у берегов Африки, живущего в норах под землей и рождающего зрячих детенышей, которые потом слепнут. Вернувшись в Англию, Дарвин поставил перед собой задачу решить вопрос о происхождении видов.

§ 4. Учение Чарлза Дарвина об искусственном отборе

Вопрос 1. Опишите методы выведения новых сортов и пород.

Основной движущей силой в возникновении сортов и пород является *искусственный отбор*. Под искусственным отбором понимается процесс создания новых пород животных и сортов культурных растений путем систематического сохранения и размножения особей с определенными ценными для человека признаками и свойствами в ряду поколений. Например, коров, дающих мало молока, или неяйценосных кур съедали, а продуктивные животные продолжали жить и давали потомство.

Вопрос 2. Приведите примеры многообразия пород домашних животных и сортов культурных растений. Чем объясняется это многообразие?

Существует огромное число примеров многообразия пород домашних животных и сортов культурных растений. Так, из одного дикого вида капусты человеком выведена белокочанная, цветная, кольраби, брокколи, брюссельская и, наконец, кормовая капуста со стеблем выше человеческого роста.

Известно более восьми пород голубей, общим предком которых был дикий скалистый голубь. Такое многообразие объясняется тем, что для отбора имеет значение только неопределенная (мутационная) изменчивость, которая поставляет многочисленные варианты каждого признака, а человек выбирает для своих многочисленных нужд особи, у которых сила проявления признака наиболее выражена.

Значительное число пород собак также иллюстрирует успех селекционеров.

Вопрос 3. Чем отличаются одомашненные животные и растения от их диких видов?

У культурных форм сильно развиты признаки и свойства, имеющие полезное значение для человека и часто не имеющие биологического смысла для вида. Многие искусственные формы лишены приспособлений для защиты и мимикрии, а также обладают признаками, не дающими возможности выживания в природе. Например, обычная курица обладает мышечной массой, затрудняющей полет, а количество откладываемых яиц, число которых достигает 200—300 штук в год, исключает возможность их выживания.

Вопрос 4. Назовите известные вам породы собак.

Среди выведенных человеком пород собак выделяют:

1) декоративные — болонки, пудели, пекинесы, той-терьеры, йоркширские терьеры, левретки;

2) служебные — немецкая овчарка, доберман, ротвейлер, колли, кавказская овчарка;

3) охотничьи — лайки, спаниели, борзые, бассет-хаунд, блад-хаунд.

§ 5. Учение Чарлза Дарвина о естественном отборе

Вопрос 1. Что такое естественный отбор?

Процессы избирательной гибели одних особей и преимущественного выживания и размножения других — явление, названное Дарвином *естественным отбором* или *выживанием наиболее приспособленных*. Сейчас, с современных позиций, естественный отбор можно характеризовать как результат борьбы за существование на всех этапах онтогенеза. С одной стороны, он заключается в выживании и оставлении потомства организмами, обладающими достаточным уровнем приспособленности. С другой стороны, естественный отбор выражается в гибели

или устранении от размножения особей, чьи гены не обеспечили им возможность приобрести приспособления к конкретным условиям среды.

Вопрос 2. В чем биологическое значение естественного отбора?

Биологическое значение естественного отбора заключается в сохранении наиболее приспособленных организмов и гибели или устранении от размножения менее приспособленных к условиям окружающей среды особей.

В результате естественного отбора в постоянных условиях обитания поддерживается существующая норма. При изменении условий среды могут возникать новые виды или исчезать группы организмов, скорость возникновения приспособлений у которых меньшая, чем у процесса видообразования.

Вопрос 3. Что такое борьба за существование? Каковы ее формы?

Борьбой за существование называется совокупность многообразных и сложных взаимоотношений, существующих между организмами и условиями среды, направленных на успешное освоение среды обитания и размножение.

Существует три формы борьбы за существование.

1. ***Внутривидовая*** — борьба между особями одного вида за источники питания, ареалы обитания и оставление потомства (борьба за полового партнера). Этот вид борьбы — самый напряженный, так как особи одного вида имеют одинаковые потребности. Она может протекать по типу внутривидовой конкуренции или каннибализма.

2. ***Межвидовая*** — борьба с представителями других видов. Например, межвидовая конкуренция с организмами близкородственных видов. Межвидовая борьба может протекать и по типу хищничества, паразитизма или антибиоза.

3. ***Борьба с неблагоприятными факторами окружающей среды*** — борьба с колебаниями температуры, влажности, освещенности и другими явлениями природы, обычными для данного местообитания.

Вопрос 4. Какая форма борьбы за существование является наиболее напряженной и почему?

Наиболее напряженной формой борьбы за существование является внутривидовая борьба, так как у особей одного вида потребности в пище, территории и других условиях существования одинаковы. Например, птицы одного вида конкурируют за места гнездования, самцы одного вида в период размножения вступают в борьбу за право обладания половым партнером и др.

Вопрос 5. Что служит движущей силой изменения видов?

Вопрос 6. Что служит материалом для естественного отбора?

Движущей силой изменения видов, т. е. эволюции, служит естественный отбор.

Материалом для естественного отбора является наследственная (индивидуальная, мутационная) изменчивость. Изменчивость, обусловленная прямым влиянием внешней среды на организмы, не имеет значения для эволюции, поскольку по наследству не передается.

Вопрос 7. Существует ли естественный отбор у человека?

Для современного этапа эволюции человека (последние 30—40 тыс. лет) характерно резкое снижение роли биологических факторов. Человеческие сообщества сами создают себе среду обитания, освобождаясь тем самым от давления движущей формы естественного отбора. Таким образом, ведущую роль в эволюции человека стали играть социальные факторы. Однако на человека действует стабилизирующая форма естественного отбора, устраняя резко выраженные отклонения от средней нормы.

§ 6. Формы естественного отбора

Вопрос 1. Какие существуют формы естественного отбора? В каких условиях внешней среды они действуют?

1. ***Движущий отбор*** действует при плавно изменяющихся условиях среды. Давление отбора, т. е. изменение фактора среды в неблагоприятную для организмов сторону, в первую очередь направлено против особей, имеющих отклонения от средней нормы либо в сторону усиления, либо ослабления выраженности признака — в пользу организмов, обладающих противоположными отклонениями. В результате происходит сдвиг средней нормы — возникает новая норма реакции вместо старой, переставшей отвечать обновленным условиям существования.

Например, среди крыс быстро распространилась устойчивость к яду, вызывающему кровотечение, так как особи, имевшие устойчивость к этому яду, изначально выжили и в дальнейшем дали начало новой популяции, все организмы которой унаследовали это качество.

Другим примером движущего отбора может послужить утрата признака, например уменьшение глаз у крота.

2. ***Стабилизирующий отбор*** действует в постоянных условиях среды. Давление отбора направленно против особей,

имеющих любые отклонения от средней нормы как в сторону усиления, так и в сторону ослабления выраженности признака. Преимущество получают организмы со средними значениями признака. Стабилизирующая форма отбора предохраняет генофонд популяции или вида от разрушающего действия мутационного процесса. Такая форма естественного отбора характерна для видов, длительно обитающих в неизменных условиях, например пещерные летучие мыши, глубоководные рыбы; свойственна она также для современного этапа эволюции человека.

Вопрос 2. Почему у микроорганизмов — вредителей сельского хозяйства и других организмов появляется устойчивость к ядохимикатам?

Явление развития устойчивости к ядохимикатам у ряда организмов служит примером действия движущего отбора, когда возникает новая средняя норма признака вместо старой. Так, после воздействия ядов большинство организмов погибает, а выживают особи, случайно оказавшиеся устойчивыми к данному отравляющему веществу. На освободившейся территории они имеют преимущество в размножении, благодаря которому признак устойчивости распространяется и становится преобладающим среди особей данного вида.

Вопрос 3. Что такое половой отбор? Приведите примеры.

Половой отбор представляет собой конкуренцию самцов за полового партнера — самку. В результате полового отбора потомство оставляют наиболее активные, здоровые и сильные самцы. Остальные устраняются от размножения, и их генотипы исчезают из генофонда вида. Эту форму отбора следует рассматривать как частный случай внутривидовой конкуренции. Например, бои за самок у оленей в брачный период.

Глава 4

Приспособленность организмов к условиям внешней среды как результат действия естественного отбора

§ 7. Приспособительные особенности строения, окраски тела и поведения животных

Вопрос 1. Приведите примеры приспособленности организмов к условиям существования на основании собственных наблюдений.

У животных приспособительной может являться форма тела, окраска и поведе-

ние. Так, например, копыта лошади являются наиболее удобными для быстрого бега по открытым пространствам, у кошачьих втягивающиеся когти обеспечивают бесшумное передвижение, у водных млекопитающих сформировалось рыбообразное тело для наиболее эффективного перемещения в воде (например, дельфины), у птиц с разной скоростью и характером полета формируется та или иная форма крыла. Среди насекомых, не обладающих активными средствами защиты, широко распространена форма тела, имитирующая объекты фона. Например, богомол, палочник, гусеницы бабочек напоминают веточки и листья растений, среди которых обитают. Некоторые организмы способны принимать окраску, соответствующую фону, на котором они живут, например хамелеон, камбала.

Вопрос 2. Почему у некоторых животных яркая, демаскирующая окраска, а у других, наоборот, покровительственная?

Некоторые организмы способны принимать окраску, соответствующую фону, на котором они обитают (хамелеон, камбала). Такая окраска называется покровительственной. Другие организмы, наоборот, имеют яркую, бросающуюся в глаза окраску. Она свойственна ядовитым, жа-

лящим или обжигающим насекомым: пчелам, осам, жукам-нарывникам. Божью коровку, очень заметную, птицы никогда не склевывают из-за выделяемого насекомым ядовитого секрета. Яркую предупреждающую окраску имеют несъедобные гусеницы, многие ядовитые змеи. Яркая окраска заранее предупреждает хищника о несъедобности и опасности объекта нападения. Путем «проб и ошибок» хищники быстро приучаются избегать нападения на жертву с предупреждающей окраской. Оба этих приспособления ведут к сокращению потерь в популяции данного вида, а следовательно, к успешной борьбе за существование.

Вопрос 3. В чем сущность мимикрии?

Мимикрией называется внешнее сходство беззащитного или съедобного вида с одним или несколькими неродственными видами, хорошо защищенными и обладающими предостерегающей окраской. Например, некоторые съедобные бабочки подражают формой тела и окраской ядовитым бабочкам, а мухи — осам. Возникновение мимикрии связанно с появлением, под контролем естественного отбора, мелких удачных мутаций у съедобных видов в условиях их совместного проживания с несъедобными. Подражание од-

них видов другим оправданно: истреблению подвергается значительно меньшая часть особей того вида, который послужил моделью, и вида подражателя.

Вопрос 4. Распространяется ли действие естественного отбора на поведение животных? Приведите примеры.

Для выживания организмов в условиях борьбы за существование большое значение имеет приспособительное поведение. Эффективность приспособительной окраски и формы тела резко повышается в сочетании с поведением.

Например:

— способность кошачьих длительное время сидеть в засаде и совершать молниеносные прыжки, способность волка заходить к жертве с подветренной стороны и охотиться в стае, обеспечивает успех хищника;

— запасание некоторыми животными корма на неблагоприятный сезон года (так, полевка-экономка запасает до 10 кг злаков, кореньев и сухой травы) обеспечивает их выживание;

— затаивание в случае опасности организмов, не имеющих активных способов защиты, делает их менее заметными и обеспечивает безопасность.

Вопрос 5. Каковы биологические механизмы возникновения приспособительной (скрывающей и предупреждающей) окраски у животных?

Приспособительная окраска организмов возникает за счет случайных, удачных для данных условий среды, мутаций. Так, например, появление в популяции бабочек особей, чья окраска крыльев наиболее сходна с фоном, на котором они обитают, позволяет им остаться незамеченными хищниками, оставить потомство и передать ему по наследству этот признак. Организмы, лишенные покровительственной окраски, будут съедены и не смогут оставить потомства, а следовательно, и передать свои признаки и свойства по наследству. Так же случайно возникшая мутация обусловливает схожесть неядовитого организма с ядовитым яркоокрашенным двойником. Особи, лишенные этого признака, будут съедены, и их генотип не будет передан по наследству.

§ 8. Забота о потомстве

Вопрос 1. Почему у видов животных, заботящихся о потомстве, число потомков уменьшается? Приведите примеры.

У низкоорганизованных организмов потомство чаще всего оставляется на произ-

вол судьбы. Именно этим объясняется высокая плодовитость беспозвоночных и низших позвоночных. Большое число потомков в условиях высокой истребляемости молоди служит средством борьбы за существование вида. Другими словами, такие виды могут выжить только «накормив своим потомством всех желающих». При развитой заботе о потомстве количество выживших и достигших половой зрелости потомков резко возрастает, что позволяет снизить их изначальную численность.

Например, для большинства рыб характерно образование десятков и сотен тысяч икринок; амфибии, обеспечивающие защиту кладки яиц (червяги), откладывают не больше 30 яйцеклеток. Птицы, насиживающие яйца, производят нескольких потомков. Наконец, древесные обезьяны, заботящиеся о детеныше в течение 3—5 лет, рождают только одного потомка.

Вопрос 2. В чем заключается относительный характер приспособительных признаков у организмов?

Строение живых организмов очень тонко приспособлено к конкретным условиям существования. Любой видовой при-

знак или свойство носят приспособительный характер, целесообразный только в данной среде и в конкретных жизненных условиях. Так, все особенности строения и поведения кошек целесообразны для хищника, подстерегающего добычу в засаде: мягкие подушечки на пальцах, втягивающиеся когти, способность видеть в темноте. Точно также организация насекомоядных растений (росянка, венерина мухоловка) приспособлена к ловле и перевариванию насекомых и мелких позвоночных. Приспособления не появляются в готовом виде, а представляют результат отбора случайных наследственных изменений, повышающих жизнеспособность организмов в конкретных условиях. Ни один из приспособительных признаков не обеспечивает абсолютной безопасности для их обладателей. Любые приспособления целесообразны только в обычной для вида обстановке. При изменении условий среды они становятся бесполезными или даже вредными для организма. Например, преобразование конечностей в ласты у водных млекопитающих полезно для обитания в воде, но на суше китообразные неподвижны, а ластоногие перемещаются весьма неуклюже. Таким образом, любое приспособление является относительным.

§ 9. Физиологические адаптации

Вопрос 1. Что такое физиологическая адаптация? Как она возникает и что лежит в ее основе?

Вопрос 2. Приведите примеры функциональных приспособительных изменений у животных.

Приспособленность процессов жизнедеятельности к условиям обитания называется *физиологическими адаптациями*. Физиологические адаптации также формируются в ходе естественного отбора под давлением факторов среды, характерных для условий обитания данного вида. Возникшие в ходе случайных мутаций полезные признаки и свойства закрепляются и передаются по наследству, а вредные или ненужные элиминируются в ходе естественного отбора.

Например, у ныряющих животных в мышцах находится особый пигмент миоглобин, который способен связывать кислорода в 10 раз больше, чем гемоглобин. Это позволяет ныряющим животным по 30—60 минут находиться под водой. Самцы непарного шелкопряда имеют настолько чувствительное обоняние, что чувствуют запах ароматической железы самки на расстоянии 3 км. Ночные охотники — совы — прекрасно видят в условиях слабого освещения.

Вопрос 3. Каким образом обитатели пустыни приспосабливаются к отсутствию воды?

У пустынных животных есть целый ряд физиологических адаптаций, позволяющих переносить недостаток воды. Мелкие животные — грызуны, пресмыкающиеся, членистоногие извлекают воду из пищи. В жаркое время года многие обитатели пустыни (грызуны, черепахи) впадают в спячку, продолжающуюся несколько месяцев. У некоторых организмов меняется характер активности: она приурочена к периодам повышенной влажности. Так, например, амфибии в пустынях активны только ночью, когда влага конденсируется на почве и растительности, а днем они отсиживаются в норах грызунов. У пустынных видов земноводных, размножающихся во временных водоемах, личинки развиваются очень быстро и в сжатые сроки совершают метаморфоз. Многие пустынные животные перед периодом наступления засушливого сезона накапливают много жира, при окислении которого выделяется большое количество воды и энергии. Птицы и млекопитающие способны регулировать потери воды с поверхности тела и легких.

У растений, обитающих в засушливых областях, мощно развита корневая система, повышено осмотическое давление кле-

точного сока, способствующее удержанию воды в тканях, утолщена кутикула листа, сильно уменьшены или превращены в колючки листовые пластинки. У некоторых растений (саксаул) листья утрачены, а фотосинтез осуществляется зелеными стеблями. При отсутствии воды рост пустынных растений прекращается, в то время как влаголюбивые растения в таких условиях увядают и гибнут. Кактусы способны запасать большое количество воды в тканях и экономно ее расходовать. Аналогичное приспособление обнаружено у африканских пустынных молочаев.

Вопрос 4. Что является единицей приспособления: особь? популяция?

Появление новых приспособлений происходит за счет возникновения случайных мутаций, удачных для данных условий среды у отдельной особи. Однако организмы не могут накопить в генотипе достаточное количество вариантов генов и соответственно признаков. Организм, обладающий выгодным комплексом признаков и свойств, оставляет потомство, которое служит основой для формирования популяции. В резерве наследственной изменчивости возникшей популяции частота встречаемости гена, отвечающего за такую мутацию, высока и будет постоянно

повышаться при неизменности условий окружающей среды, что приведет к образованию новой средней нормы. Таким образом, элементарной единицей эволюции является популяция.

Вопрос 5. Каков биологический механизм развития приспособлений у животных организмов?

Приспособления не появляются в готовом виде, а представляют собой результат отбора случайных наследственных изменений, повышающих жизнеспособность организмов в конкретных условиях. Приспособления формируются в ходе естественного отбора под давлением факторов среды, характерных для условий обитания данного вида. Возникшие в ходе случайных мутаций полезные признаки и свойства закрепляются и передаются по наследству, а вредные или ненужные элиминируются в ходе естественного отбора. Ни один из приспособительных признаков не обеспечивает абсолютной безопасности для их обладателей. Любые приспособления целесообразны только в обычной для вида обстановке. При изменении условий среды они становятся бесполезными или даже вредными для организма. Таким образом, любая структура и любая функция являются приспособлением к условиям внешней среды.

Глава 5

Микроэволюция

§ 10. Вид, его критерии и структура

Вопрос 1. Дайте определение вида.

Вид — совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Все особи одного вида имеют одинаковый кариотип, сходное поведение и занимают определенный ареал.

Вопрос 2. Какие биологические механизмы препятствуют скрещиванию разных видов?

Для существования вида, как генетически целостной единицы, важным моментом является репродуктивная генетическая изоляция, т. е. наличие механизмов, препятствующих поступлению генов в генофонд извне.

Подобный эффект достигается благодаря ряду биологических механизмов. Они следующие:

1) различие в сроках размножения у представителей разных видов;

2) различие в местах, предпочитаемых для размножения;

3) несоответствие стандартов видового сексуального поведения;

4) несоответствие ферментов акросомы (передней части головки сперматозоида) химическому строению оболочки яйцеклетки;

5) несоответствие в строении половых органов у представителей различных видов;

6) нежизнеспособность или стерильность межвидовых гибридов.

Вопрос 3. В чем причина бесплодия межвидовых гибридов?

У межвидовых гибридов хромосомы отца и матери негомологичны, вследствие этого в профазе первого деления мейоза не происходит конъюгации и не образуется бивалентов. Хромосомы не расходятся в разные клетки, в результате половые клетки не образуются, и организм не может оставить потомство. Например, мул — гибрид осла и лошади — бесплоден.

Вопрос 4. Что такое ареал вида?

Ареал — область распространения на суше или в различных водоемах систематической группы живых организмов. Ареал является *первичным*, если в нем произошло эволюционное становление вида. Сформировавшийся ареал может в даль-

нейшем расширяться вследствие расселения особей данного вида или сужаться в результате вымирания части организмов.

Для эндемичных (местных) видов ареалы, как правило, *сплошные* и организмы более или менее равномерно расселены по всей местности. В других случаях ареалы становятся *прерывистыми* в результате наличия на обширных пространствах географических (горы, реки), экологических (пустыни, леса, степи) или биологических (например, высокая плотность хищников) преград. Такие же ареалы характерны для широко распространенных видов.

Вопрос 5. Что такое радиус индивидуальной активности организмов?

Радиус индивидуальной активности — расстояние, на которое может перемещаться организм, исходя из его особенностей жизнедеятельности и физических возможностей. Так, например, для лося радиус индивидуальной активности составляет более 50 км, для виноградной улитки — несколько десятков метров, для первобытного человека 15—25 км.

Для растений радиус индивидуальной активности определяется расстоянием, на которое могут перемещаться семена, пыльца, вегетативные части растений, дающие начало новому организму.

Вопрос 6. Что такое популяция? Дайте определение.

Популяция — совокупность особей данного вида, занимающая определенный участок территории внутри ареала вида, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированных от других популяций.

Реально вид существует в форме популяций, так как большинство ареалов видов «разорвано» различными преградами (географическими, экологическими или биологическими). Популяция — элементарная единица эволюции.

§ 11. Эволюционная роль мутаций

Вопрос 1. Какую роль играют мутации в процессе эволюции?

Мутационный процесс — источник резерва наследственной изменчивости популяций. Поддерживая высокую степень генетического разнообразия особей в популяциях, он создает основу для действия естественного отбора.

Вопрос 2. Какие процессы приводят к изменению частоты встречаемости генов в популяциях?

Изменение частоты встречаемости генов в популяциях может происходить как под давлением факторов внешней среды в ходе

естественного отбора, так и в ходе случайных событий. Например, при миграции животных на новом месте обитания поселяется незначительная часть исходной популяции. Генофонд вновь образованной популяции будет меньше генофонда исходной популяции. Гены, ранее редко встречавшиеся, вследствие полового размножения быстро распространятся среди членов новой популяции. Другим примером могут послужить явления природных катастроф. Так, при лесных пожарах происходит массовая гибель животных и растений. Особи, избежавшие гибели, остаются в живых благодаря чистой случайности. Они и дают начало новой популяции. Генетический состав группы выживших организмов и определяет в дальнейшем генетическую структуру будущей популяции. Также изменить частоту генов в популяции могут периодические колебания численности, связанные со взаимоотношениями хищник — жертва, изоляция популяций друг от друга, близкородственные скрещивания — инбридинг.

Вопрос 3. Почему разные популяции одного и того же вида отличаются по частоте встречаемости различных вариантов генов?

Популяции, изолированные друг от друга, постоянно находятся под давлением различных комплексов факторов внеш-

ней среды. В неодинаковых условиях среды естественный отбор действует в сторону сохранения особей, чей генофонд обеспечивает их набором признаков и свойств, оптимальных для данной ситуации. Поэтому в популяциях, обитающих в различных условиях окружающей среды, частота встречаемости того или иного гена различна.

Вопрос 4. Что такое микроэволюция?

Микроэволюция — изменение популяции в ходе естественного отбора, приводящее к возникновению нового вида.

Изменения частоты генов, вызванные теми или иными факторами внешней среды, служат основой возникновения различий между популяциями и в дальнейшем обусловливают их преобразование в новые виды под действием естественного отбора.

Образование новых видов происходит либо в результате разрыва ареала обитания и приспособления образовавшихся популяций к различным условиям существования, либо на исходном месте в результате крупных хромосомных перестроек. Скорость видообразования оценивают не в абсолютном времени, а в числе поколений. Так, при разделении ареала становление нового вида происходит за несколько тысяч поколений.

Глава 6

Биологические последствия адаптации. Макроэволюция

§ 12. Главные направления эволюции

Вопрос 1. Что такое биологический прогресс и биологический регресс?

Биологический прогресс — это процветание той или иной систематической группы, отражающее высокий уровень приспособляемости организмов к среде обитания. Он характеризуется:

— увеличением численности особей;

— расширением ареала обитания;

— повышением числа систематических групп более низкого ранга (внутри данной систематической группы).

Биологический регресс — угнетенное состояние той или иной систематической группы, которое отражает недостаточный уровень приспособляемости организмов к условиям существования. Он характеризуется:

— уменьшением числа особей;

— сокращением ареала обитания;

— снижением числа систематических групп более низкого ранга.

На путь биологического регресса систематическую группу могут приводить раз-

личные факторы. Среди них: глобальные геологические и климатические изменения, значимые экологические преобразования, а в последние 30—40 тыс. лет — антропогенные воздействия (истребление человеком, хозяйственная деятельность людей).

Вопрос 2. Назовите основные направления эволюции организмов.

1. ***Ароморфозы*** — крупные изменения в строении на любом уровне организации, существенно расширяющие возможности организмов по использованию среды обитания и значительно повышающие его энергетический потенциал.

Ароморфозные изменения могут заключаться и в приобретении новых органов и систем — возникновение кровеносной и дыхательной системы, головного мозга; появление прогрессивных биохимических преобразований, например возникновение аэробного дыхания. Благодаря приобретению ароморфозов возникают новые крупные систематические группы — типы, классы, отряды и т. д., т. е. идет макроэволюция.

2. ***Идиоадаптации*** — конкретные приспособления к данным условиям существования, не изменяющие уровень организации, но позволяющие более успеш-

но использовать конкретные условия среды обитания. Идиоадаптации возникают в результате видоизменения существующих структур. Например, все модификации пятипалой конечности. Копыто лошади — приспособление для быстрого бега по открытым пространствам, копыто лося — для перемещения по влажной почве лесов, ласты кита или моржа идеальны для плавания, а крыло летучей мыши — для полета.

Благодаря приобретению идиоадаптаций идет приспособление отдельных групп предковой формы к обитанию в различных условиях. Возникают новые виды, т. е. идет микроэволюция.

3. ***Общая дегенерация*** сопровождается снижением уровня организации, в результате утраты отдельных органов или систем органов. Общая дегенерация как путь достижения биологического процветания характерен для групп организмов, переходящих от активного перемещения в среде к прикрепленному образу жизни или от свободного обитания к паразитизму. Например, ленточные черви полностью утратили пищеварительную систему, у некоторых паразитических ракообразных произошла редукция всех систем органов, кроме половой системы.

Вопрос 3. Приведите примеры ароморфозов.

Ароморфозные изменения могут заключаться и в приобретении новых органов и систем.

Для примера рассмотрим основные ароморфозы, сопровождавшие возникновение млекопитающих:

1) высокое развитие нервной системы, в особенности коры больших полушарий, обеспечившее приспособление к условиям существования путем изменения поведения;

2) дифференцировка позвоночного столба на четко выраженные отделы и перемещение конечностей с боков под тело;

3) возникновение органов, обеспечивающих развитие зародыша в теле матери, и выкармливание детенышей молоком;

4) появление шерстного покрова, позволяющего сохранить тепло;

5) полное разделение кругов кровообращения и возникновение теплокровности;

6) возникновение альвеолярных легких, повысивших интенсивность газообмена и, как следствие, общий уровень обменных процессов.

Вопрос 4. Приведите примеры идиоадаптаций.

Идиоадаптации — конкретные приспособления к данным условиям существования, не изменяющие уровень органи-

зации, но позволяющие более успешно использовать конкретные условия среды обитания. Идиоадаптации возникают в результате видоизменения существующих структур. Например, все модификации конечностей у птиц (перепонки между пальцами у водоплавающих, сильные когтистые лапы хищных птиц, мускулистые длинные конечности бегающих птиц — страусов и др.).

Вопрос 5. Как изменяется строение организмов при переходе к паразитизму?

При переходе к паразитизму большинство организмов, как правило, идет по пути общей дегенерации. Это эволюционное направление, сопровождающееся понижением уровня организации — морфофизиологическим регрессом в результате утраты отдельных органов или систем органов. На путь общей дегенерации встают группы живых организмов, переходящие от свободного к прикрепленному или паразитическому образу жизни. Например, ленточные черви полностью утратили пищеварительную систему, у некоторых паразитических ракообразных произошла редукция всех систем органов, кроме половой системы.

У европейской повилики, паразитирующей на крапиве, формируются мелкие се-

мена, из которых развивается крохотный нитевидный проросток без выраженной морфологической дифференцировки. Проросток при наличии растения-хозяина внедряется в его ткани своими присосками, которые скоро достигают проводящей ткани. Проводящие ткани проростка повилики соединяются с проводящей системой хозяина и обеспечивают питание. В силу этого редуцированные и чешуевидные листья повилики лишены хлорофилла и способности к фотосинтезу.

Вопрос 6. Какой биологический механизм обеспечивает движение групп организмов в том или ином эволюционном направлении?

В природе существуют два основных направления эволюции — развитие группы по пути морфофизиологического прогресса и развитие группы по пути приобретения обычных приспособлений, не изменяющих уровня организации. Эти пути тесно связаны, переходят один в другой, постоянно чередуясь. Другие направления эволюции, такие как специализация, могут рассматриваться как частные идиоадаптации.

Изменения типа ароморфозов и изменение типа идиоадаптаций всегда возникают как обычные адаптации в конкретной среде обитания. Лишь в будущем выяснится, что одни из них оказались перспек-

тивными и обеспечивающими переход в иную адаптивную зону (ароморфозами), а другие — менее перспективными, хотя и эффективными приспособлениями группы в прежних условиях (идиоадаптациями).

В ходе эволюции наблюдается чередование периодов ароморфозов и идиоадаптаций. Попадая в новые условия обитания, малочисленная группа, имеющая ароморфоз, дает начало широкому спектру групп с различными идиоадаптациями; впоследствии одна из этих групп может дать начало новой. Такая «мутовчатость» развития характерна для эволюции всех групп животных и растений.

§ 13. Общие закономерности биологической эволюции

Вопрос 1. Чем определяется расхождение признаков у родственных групп организмов и возникновение внешнего сходства у неродственных?

В основе всего эволюционного процесса лежит дивергенция. Это процесс расхождения признаков у потомков одной родительской группы в процессе приспособления к разным условиям обитания. Дивергировать могут не только виды, но и роды, семейства, отряды. С другой стороны, в одинаковых условиях существования животные, относящиеся к разным, часто дале-

ким, систематическим группам, могут приобретать сходное строение. Такое сходство строения возникает при сходстве функций и ограничивается лишь органами, непосредственно связанными с одними и теми же факторами среды. Это явление называется конвергенцией. При этом исторически сложившаяся организация в целом никогда не подвергается конвергенции.

Таким образом, основным в ходе процессов дивергенции и конвергенции является воздействие факторов внешней среды.

Вопрос 2. Раскройте содержание понятий «дивергенция» и «конвергенция».

Дивергенция — это расхождение признаков у потомков одной родительской группы в процессах приспособления к различным условиям существования. Первоначально дивергируют признаки, непосредственно связанные с изменяющимися факторами среды. Впоследствии происходит перестройка всей организации, что может привести к возникновению новых видов. В процессе дивергенции возникают *гомологичные органы.*

Конвергенция — это процесс схождения признаков у далеко отстоящих друг от друга в систематическом плане организмов, связанных сходными условиями

обитания. В процессе конвергенции возникают *аналогичные органы*, являющиеся приспособлениями к одним и тем же факторам окружающей среды.

Вопрос 3. Приведите примеры сходства строения органов у неродственных групп животных, обитающих в одинаковых условиях.

Аналогичные органы имеют разное происхождение и план строения, но специализированны для выполнения одинаковых функций. Например, крыло бабочки и крыло птицы, роющие конечности крота и роющие конечности насекомого медведки. Конвергентное сходство по форме тела характерно для плавающих животных: древних рептилий ихтиозавров, хрящевых рыб — акул и водных млекопитающих дельфинов. Аналогичные органы возникают в ходе конвергенции.

Вопрос 4. В чем сущность необратимости эволюции?

К общим правилам эволюции групп живых организмов относится *правило необратимости эволюционных преобразований*. Так, если на каком-то этапе от примитивных амфибий возникли рептилии, то при дальнейшей эволюции рептилии не могут вновь дать начало амфибиям, а земноводные, в свою очередь, не

превратятся со временем в рыб. Вернувшиеся в воду наземные позвоночные (среди рептилий — ихтиозавры, среди млекопитающих — китообразные и ластоногие) не стали рыбами. Предыдущая история развития для любой группы организмов не проходит бесследно, и приспособление к среде, в которой когда-то обитали предки, осуществляется уже на иной генетической основе.

Глава 7

Возникновение жизни на Земле

§ 14. Современные представления о возникновении жизни

Вопрос 1. Какие химические элементы и их соединения были в первичной атмосфере Земли?

Она состояла из свободного водорода и его соединений (H_2, CH_4, NH_3, HCN), т. е. была восстановительной.

Вопрос 2. Укажите условия, необходимые для абиогенного образования органических соединений.

Для абиогенного образования органических соединений необходимы следующие условия:

— равномерное излучение звезды;

— ультрафиолетовое излучение с длиной волны короче 150 нм;

— удары метеоритов;

— приливы и отливы;

— оптимальное расстояние до звезды;

— размеры планеты;

— круговая орбита;

— высокая скорость вращения планеты вокруг своей оси;

— первичная восстановительная атмосфера;

— наличие первичного океана (водная среда);

— вулканизм (высокие температуры);

— пористые глины приливно-отливной зоны, на которых происходила адсорбция и перемешивание веществ первичного океана (повышение концентрации веществ в зоне адсорбции);

— молнии (энергия грозовых разрядов).

Вопрос 3. Какие соединения были растворены в водах первичного океана?

В водах первичного океана были растворены компоненты атмосферы, различные соли, вымываемые водой из горных пород. Кроме этого, туда постоянно попадали и непрерывно образующиеся в атмосфере органические соединения, из которых возникали более сложные молекулы — сформировался «первичный буль-

он». В водной среде они конденсировались, в результате чего появились первичные органические полимеры — полипептиды и полинуклеотиды.

Вопрос 4. Что такое коацерваты?

Коацервация — процесс выделения из однородного раствора многомолекулярных фазово-обособленных образований, отделенных от внешней среды водной оболочкой.

Коацерват — многомолекулярный комплекс, отграниченный от внешней среды водной оболочкой, способный к примитивному метаболизму — поглощению из среды и выделению в нее определенных молекул.

Вопрос 5. В чем сущность химической эволюции на ранних этапах существования Земли?

Химическая эволюция на Земле шла в сторону прогрессивного усложнения простейших органических молекул, образования из них биополимеров, которые, в свою очередь, послужили строительным материалом для возникновения коацерватов и биологических мембран. Дальнейшая эволюция шла по пути развития все более совершенных саморегулирующихся систем, вплоть до первых примитивно устроенных клеток.

Вопрос 6. Какое событие положило начало биологической эволюции?

Вопрос 7. Когда на Земле появились первые клеточные организмы?

Появление первых клеточных структур положило начало биологической эволюции.

Предположительное время возникновения первых клеточных организмов — около 3 млрд лет назад.

§ 15. Начальные этапы развития жизни

Вопрос 1. Как питались первые живые организмы?

Первые живые организмы были гетеротрофами, т. е. использовали в качестве источника энергии и пищи готовые органические соединения, находящиеся в растворенном виде в водах первичного океана.

Вопрос 2. Что такое фотосинтез? Какую роль в развитии жизни на Земле сыграло его появление?

Фотосинтез — процесс образования органических соединений из неорганических за счет энергии солнечного света:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{свет}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2\uparrow$$

Возникновение фотосинтеза привело к появлению принципиально нового источ-

ника питания и началу накопления кислорода в атмосфере Земли.

Вопрос 3. Какие организмы впервые стали выделять в атмосферу свободный кислород?

Первыми фотосинтезирующими организмами, выделяющими в атмосферу кислород, были цианобактерии (сине-зеленые водоросли) — цианеи.

Вопрос 4. Какое значение для эволюции имело появление полового процесса?

Половой процесс в ходе эволюции возникает у одноклеточных эукариот, обладавших диплоидным набором хромосом, что сделало возможным обмен копиями генов между разными особями одного вида. Возникновение полового процесса резко повысило возможность приспособления к условиям среды вследствие создания бесчисленных комбинаций генов и хромосом. Диплоидность, возникшая одновременно с оформленным ядром, позволила сохранять мутации в скрытом гетерозиготном состоянии и использовать их как резерв наследственной изменчивости для дальнейших эволюционных преобразований. Кроме того, в гетерозиготном состоянии многие мутации часто повышают жизнеспособность особей и, следовательно, увеличивают их шансы в борьбе за существование.

Глава 8

Развитие жизни на Земле

§ 16. Жизнь в архейскую и протерозойскую эры

Вопрос 1. По какому принципу историю Земли делят на эры и периоды?

Наша планета сформировалась около 4,6 млрд лет назад. Ее историю принято делить на промежутки времени, границами которых являются крупные геологические события: горообразовательные процессы, поднятие и опускание суши, изменение очертаний материков и уровня океанов, оледенения, смена полярности и другие глобальные преобразования.

Вопрос 2. Когда возникли первые живые организмы?

Жизнь возникла на Земле из синтезированных абиогенным путем органических молекул. В архейскую эру на границе с протерозоем возникли первые клетки (около 3 млрд лет назад). Было положено начало биологической эволюции. Первые живые организмы были гетеротрофами и в качестве пищи использовали органические соединения «первичного бульона».

Вопрос 3. Какими организмами был представлен живой мир в протерозойскую эру?

В протерозойскую эру в морях обитало много разнообразных водорослей, в том числе форм, прикрепленных ко дну. Суша была безжизненной, но по берегам водоемов начались почвообразовательные процессы в результате деятельности бактерий и микроскопических водорослей. В протерозойских отложениях находят представителей всех типов беспозвоночных животных — губок, кишечнополостных, различных червей, моллюсков, членистоногих. Кроме того, ученые полагают, что на рубеже протерозойской и следующей за ней палеозойской эры возникли первые представители хордовых животных.

Вопрос 4. Назовите крупнейшие эволюционные события того периода.

Важнейший этап эволюции жизни на Земле связан с возникновением фотосинтеза, что обусловило разделение органического мира на растительный и животный. На границе архейской и протерозойской эр возникли половой процесс, многоклеточность и диплоидность. Возникновение полового процесса резко повысило возможность приспособления к условиям среды вследствие создания бесчисленных комбинаций в хромосомах. Диплоидность,

возникшая одновременно с оформленным ядром, позволила сохранять мутации в гетерозиготном состоянии и использовать их как резерв наследственной изменчивости для дальнейших эволюционных преобразований. Кроме того, в гетерозиготном состоянии многие мутации часто повышают жизнеспособность особей и, следовательно, увеличивают их шансы в борьбе за существование. Возникновение диплоидности и генетического разнообразия одноклеточных эукариот, с одной стороны, обусловило неоднородность строения клеток и их объединение в колонии, а с другой — возможность «разделения труда» между клетками колонии, т. е. образование многоклеточного организма. Различие функций клеток у первых колониальных организмов привело к образованию первичных тканей: энтодермы и эктодермы, дифференцированных по структуре в зависимости от выполнения функций. Пути эволюционных преобразований первых многоклеточных были различны. Некоторые перешли к прикрепленному образу жизни и превратились в организмы типа губок. Другие стали ползать, перемещаясь по субстрату с помощью ресничек. От них произошли плоские черви. Третьи освоили плавающий образ жизни, приобрели рот и дали начало кишечнополостным.

§ 17. Жизнь в палеозойскую эру

Вопрос 1. Когда появились первые наземные растения? Как они назывались и какие отличительные особенности имели?

Первые наземные растения — *псилофиты* появляются в палеозойскую эру, в ордовике — силуре. Псилофиты имели проводящую сосудистую систему, слабо дифференцированные ткани и могли укрепляться на почве, хотя истинные корни и побеги у них отсутствовали.

Вопрос 2. В каком направлении шла эволюция растений на суше?

После появления псилофитов эволюция растений на суше шла в направлении расчленения тела на вегетативные органы и ткани, совершенствование сосудистой системы (обеспечивающей быстрое перемещение воды на большую высоту). Псилофиты в девоне сменяются хвощами, плаунами и папоротниками. В каменноугольном периоде возникают голосеменные растения.

Вопрос 3. Какие эволюционные преимущества дает переход растений к семенному размножению?

Переход к семенному размножению дал растениям следующие преимущества: зародыш в семени защищен от неблагопри-

ятных условий оболочками, обеспечен питательными веществами и имеет диплоидное число хромосом. У голосеменных (хвойные) процесс полового размножения уже не связан с водой. Опыление у голосеменных осуществляется ветром, а семена снабжены приспособлениями для распространения животными. Эти и другие преимущества способствовали широкому расселению семенных растений.

Вопрос 4. Охарактеризуйте животный мир палеозоя.

Животный мир в палеозойской эре развивался чрезвычайно бурно и был представлен большим количеством разнообразных форм. Пышного расцвета достигает жизнь в морях. К кембрийскому периоду палеозойской эры уже существуют все основные типы животных, включая хордовых. Губки, моллюски, кораллы, иглокожие, гигантские хищные ракоскорпионы — вот неполный перечень обитателей кембрийских морей. Возникают первые организмы, имеющие внутренний осевой скелет; хватательный ротовой аппарат. В силурийском периоде появляются первые рыбы и первые дышащие атмосферным воздухом наземные животные — скорпионы. Девонский период ознаменован освоением суши другими членистоно-

гими — пауками; в конце периода появляются первые наземные позвоночные — амфибии (стегоцефалы). В каменноугольном периоде возникают рептилии (котилозавры), летающие насекомые и легочные моллюски. В последнем, пермском, периоде палеозойской эры наблюдается быстрое развитие и увеличение систематических групп рептилий; появляются зверозубые пресмыкающиеся — предки млекопитающих.

Вопрос 5. Назовите ароморфозы в эволюции позвоночных в палеозое.

Общее направление развития позвоночных животных в палеозойской эре выражалось в появлении трех знаковых групп: рыб, амфибий и пресмыкающихся. Общие ароморфозные преобразования можно выразить следующим рядом:

1) появление хрящевого, а затем и костного позвоночника; все большая дифференцировка позвоночного столба на отделы: шейный, туловищный (грудной и поясничный), крестцовый и хвостовой;

2) развитие скелета головы — черепа, защищающего головной мозг; челюстей и зубной системы;

3) возникновение парных конечностей — плавников у рыб и пятипалых конечностей у наземных позвоночных; удлинение конечностей;

4) прогрессивное развитие нервной системы, характеризующееся увеличением объема головного мозга, и появление коры больших полушарий;

5) образование органов дыхания — жабр, а впоследствии и органов — воздушного дыхания — легких; увеличение поверхности газообмена в легких за счет формирования перегородок;

6) дифференцировка пищеварительной системы на специализированные отделы;

7) возникновение двухкамерного, а затем и трехкамерного сердца; появление второго круга кровообращения у амфибий и неполной перегородки в желудочке сердца у пресмыкающихся;

8) образование у пресмыкающихся зародышевых оболочек, обеспечивающих эмбриональное развитие в наземных условиях.

Вопрос 6. Какие условия внешней среды и особенности строения позвоночных животных послужили предпосылками их выхода на сушу?

В девонском периоде большая часть суши была безжизненной пустыней. По берегам пресноводных водоемов в густых зарослях растений обитали кольчатые черви, членистоногие. Климат был сухой, с резкими колебаниями температуры по сезонам и в течение суток. Уровень воды в реках и водоемах часто менялся. Многие

водоемы полностью высыхали, зимой промерзали. Водная растительность при пересыхании водоемов гибла, накапливались растительные остатки. На их разложение расходовался кислород, растворенный в воде. Все это создавало очень неблагоприятную среду для рыб. В этих условиях их могло спасти только дыхание атмосферным воздухом. Систематической группой, давшей развитие наземным позвоночным животным, были кистеперые рыбы. Основными предпосылками для перехода в наземную среду обитания служили мускулистые конечности (у кистеперых рыб плавники имели вид лопастей, состоящих из отдельных костей с прикрепленными к ним мышцами) и легкие, развившиеся у рыб из плавательных пузырей как идиоадаптация к нехватке кислорода в воде в изменившихся условиях окружающей среды. В конце девона кистеперые рыбы дали начало первым земноводным животным — стегоцефалам.

Вопрос 7. Почему земноводные каменноугольного периода достигли биологического процветания?

На протяжении каменноугольного периода стегоцефалы жили, питались и размножались в воде. Они выползали на сушу, но не совершали сколько-нибудь значительных миграций. На суше у них не

было врагов и имелся обильный корм — черви, членистоногие, достигавшие крупных размеров. Эти условия привели амфибий к процветанию.

§ 18. Жизнь в мезозойскую эру

Вопрос 1. Когда появились цветковые растения? Укажите их эволюционные преимущества.

Первые цветковые растения возникли в юрском периоде мезозойской эры. Эволюционные преимущества цветковых растений по сравнению с семенными папоротниками и голосеменными растениями заключаются в следующем:

1) наличие развитой проводящей системы;

2) цветок привлекает опылителей, что обеспечивает надежность перекрестного опыления;

3) наличие двойного оплодотворения, благодаря чему развивается триплоидный эндосперм, и зародыш получает полноценное питание во время развития;

4) зародыш защищен оболочками.

Вопрос 2. Какие ароморфозы привели к возникновению пресмыкающихся?

К возникновению пресмыкающихся привели следующие ароморфозы:

1) прогрессивное развитие нервной системы — появление зачатка коры больших

полушарий, предопределившее возникновение приспособительного поведения благодаря выработке условных рефлексов;

2) образование почки, обеспечивающей обратное всасывание воды в почечные канальцы и большую концентрацию в моче продуктов обмена веществ;

3) появление ячеистых легких, поверхность которых значительно превышает внутреннюю поверхность мешковидных легких предков;

4) образование диафрагмы, разделяющей брюшную и грудную полость и обеспечивающей вместе с грудной клеткой всасывающий тип дыхания;

5) прогрессивные преобразования скелета: подвижное сочленение черепа и позвоночного столба, формирование грудной клетки, удлинение конечностей и т. д.;

6) развитие неполной перегородки в желудочке сердца, позволившее обеспечить снабжение мозга и пояса передних конечностей чисто артериальной кровью;

7) возникновение зародышевых оболочек, обеспечивающих развитие эмбриона в наземных условиях.

Вопрос 3. Когда и вследствие каких ароморфозов возникли млекопитающие? Кто был их предками?

Млекопитающие возникли в триасе от одного из подклассов пресмыкающихся.

Их развитие было обусловлено рядом крупных ароморфозов практически во всех органах и системах. А именно:

1) увеличение передних (двигательных) отделов головного мозга и мозжечка; развитие коры и появление извилин;

2) укрепление связи пояса задних конечностей и позвоночного столба в крестцовом отделе — от 2 до 5 позвонков. Конечности переносятся с боков тела под туловище и удлиняются;

3) формирование четырехкамерного сердца и полное разделение кругов кровообращения;

4) возникновение альвеолярных легких, характеризующихся увеличением поверхности газообмена и адресной доставкой кислорода к этой поверхности (бронхиальное древо);

5) теплокровность — это способность поддерживать постоянную температуру тела и, следовательно, неизменный уровень обмена веществ в меняющихся температурных условиях среды;

6) удлинение и дифференцировка кишечной трубки, дифференцировка зубов;

7) появление петли Генле в нефроне вторичной почки и, как следствие, усиление обратного всасывания воды и катионов, необходимых организму;

8) шерстный покров, выполняющий функцию теплоизолятора;

9) внутриутробное развитие потомства и выкармливание детенышей молоком.

§ 19. Жизнь в кайнозойскую эру

Вопрос 1. Укажите основные различия фауны и флоры на Земле в мезозойскую и кайнозойскую эры.

В мезозойскую эру на Земле господствовали рептилии. Многочисленные виды динозавров обитали в водоемах на дне и в воздухе. Повсеместно устанавливается теплый влажный климат, близкий к современному тропическому. В водоемах большое разнообразие беспозвоночных и рыб. Прибрежные области заселены амфибиями. Появляются первые мелкие (похожие на крыс) млекопитающие.

Растительный мир представлен в основном голосеменными растениями, семенные папоротники вымирают. Появляются цветковые растения, и развивается большое число видов насекомых-опылителей. Наблюдается развитие птиц. В конце мезозойского периода вымирают крупные растительноядные, а затем и хищные рептилии.

В кайнозойскую эру в условиях теплого равномерного климата в экваториальных широтах и оледенении в приполярных областях тропическая растительность со-

храняется только у экватора. Здесь же обитают крупные рептилии, например крокодилы. Наблюдается расцвет млекопитающих. Среди растений широкое распространение получают травы и кустарники. Формируются степи и саванны. За последние 2,5—1,5 млн лет эволюция приматов привела к появлению человека.

Вопрос 2. Охарактеризуйте основные направления развития растений и животных в кайнозое.

Развитие животного мира в кайнозойскую эру характеризуется дальнейшим распространением насекомых, интенсивным видообразованием у птиц и чрезвычайно быстрым прогрессивным развитием млекопитающих. Млекопитающие представлены тремя подклассами: однопроходные (утконос, ехидна), сумчатые и плацентарные. Однопроходные, или яйцекладущие, млекопитающие возникли, независимо от других млекопитающих, от зверополобных рептилий еще в юрском периоде. Сумчатые и плацентарные произошли от общего предка в меловом периоде. В кайнозойской эре происходит сильнейший скачок в эволюции плацентарных, в результате чего эти млекопитающие вытеснили сумчатых с большинства континентов. Наиболее примитивными

были насекомоядные млекопитающие, от которых произошли хищники и приматы. Древние хищные дали начало копытным. В палеогене млекопитающие начинают завоевывать море (китообразные, ластоногие). К концу неогенового периода встречаются все современные семейства млекопитающих. Одна из групп обезьян — австралопитеки стала родоначальницей ветви, ведущей к человеку.

Растительный мир кайнозойской эры представлен хвойными лесами на севере, на юге же растительность теплого и умеренного климата. Вся Европа была покрыта лесами, состоящими из дуба, березы, сосны и каштана. В тропиках росли фикусы, гвоздичные и эвкалипты. Вследствие оледенения четвертичного периода теплолюбивая растительность отступила на юг и частично вымерла. Появилась холодоустойчивая травянистая и кустарниковая растительность, на больших территориях леса сменяются степью, полупустыней и пустыней. Формируются современные растительные сообщества.

Вопрос 3. Чем обусловлены колебания климата на Земле?

Климатом в метеорологии называют статистически определяемый многолетний режим погоды, характеризующийся

температурой, влажностью и их сезонными колебаниями.

Одна из важнейших задач науки в XXI в. — понять, как функционирует и изменяется биосфера, в которой обитает все живое, в том числе человек. А так как климат в значительной степени определяет термодинамическое состояние биосферы, регулируя внутренний, а частично и внешний ее теплообмен и массообмен, то это делает климат одним из важных факторов развития биосферы. Глобальные изменения климата всегда вызывали существенные преобразования в тропосфере, гидросфере, верхней части литосферы, а следовательно, сказывались и на биосфере.

В последние десятилетия стало ясно, что на протяжении геологической истории климат неоднократно менялся от холодного, ледникового, до весьма теплого, безледникового; смена ледниковых периодов происходит в среднем через 20—30 тыс. лет.

Некоторые ученые выдвигают концепцию «климатических ритмов» — механической смены климатических колебаний различной амплитуды и продолжительности. Длительность ритма обусловливает сущность тех или иных изменений.

Самые крупные климатические ритмы, продолжительностью в миллионы лет,

обусловлены крупнейшими циклами горообразования и их географическими последствиями, которые, возможно, охватывают также изменения содержания в атмосфере углекислого газа и вулканической пыли.

Климатические ритмы продолжительностью в тысячи или десятки тысяч лет обусловлены, с одной стороны, менее крупными изменениями в распределении суши и моря, а с другой стороны, астрономическими факторами — изменениями земной орбиты, наклона эклиптики, т. е. факторами, обусловливающими последовательную смену ледниковых и межледниковых периодов. Кроме этого, долговременные колебания солнечной активности вызывают значительные изменения количества осадков.

Существуют, однако, доказательства, свидетельствующие о том, что подобные ритмы часто вызываются изменениями общей циркуляции атмосферы, которые могут не иметь внешней причины. Они возникают в результате взаимодействия между ветрами, океаническими течениями и плавучими льдами.

Наконец, следует отметить, что практически всеми исследователями подчеркивается непосредственное влияние климата на эволюционный процесс. Благодаря своей непрерывной и порой стремительной

изменчивости климат является для биосферы постоянным источником стресса, порой очень сильного, который влияет на частоту и на направление естественного отбора.

Вопрос 4. Как вы думаете, каково значение оледенений в эволюции наземной растительности?

Оледенения четвертичного периода, достигшие максимального распространения 250 тыс. лет назад, способствовали развитию холодоустойчивой фауны. На Северном Кавказе и в Крыму встречались мамонты, шерстистые носороги, северные олени, песцы, полярные куропатки. Теплолюбивая растительность отступила на юг или вымерла. Появилась холодоустойчивая травянистая и кустарниковая растительность, на больших территориях леса сменились степью, полупустыней и пустыней. Сформировались современные растительные сообщества.

Вопрос 5. Какая группа животных дала начало ветви, ведущей к человеку?

Отряд приматов обособился от примитивных насекомоядных млекопитающих в кайнозойской эре. Около 30 млн лет назад появились небольшие животные, жившие на деревьях и питавшиеся растениями и насекомыми. От них произошли

гиббоны, орангутаны и вымершие впоследствии древесные обезьяны — *дриопитеки*. Дриопитеки дали три ветви, которые, в свою очередь, привели к шимпанзе, горилле и обезьяне — *австралопитеку*, предку человека.

§ 20. Происхождение человека

Вопрос 1. Назовите признаки человека, позволяющие отнести его к подтипу позвоночных животных, классу млекопитающих.

Развитие позвоночного столба, наличие двух пар конечностей, местонахождение сердца на брюшной стороне тела определяют принадлежность человека к подтипу позвоночных.

Четырехкамерное сердце, хорошо развитая кора головного мозга, теплокровность, млечные железы и волосы на поверхности тела, зубы трех видов (коренные, клыки и резцы) свидетельствуют о принадлежности человека к классу млекопитающих.

Вопрос 2. Какие признаки являются общими для человека и человекообразных обезьян?

К отряду человекообразных обезьян человека позволяют отнести следующие характеристики: редукция хвостового отде-

ла позвоночника, наличие аппендикса, большое число извилин на полушариях головного мозга, четыре основные группы крови (A, B, AB, 0), развитие мимической мускулатуры, бинокулярное зрение, ограниченная плодовитость, плечевой сустав, допускающий движения с размахом до 180°.

Вопрос 3. Какие признаки, развивающиеся у зародыша человека, указывают на его животное происхождение?

У зародыша человека на определенном этапе эмбрионального развития закладывается хорда, впоследствии она замещается позвонками и ее рудименты в виде ядер обнаруживаются в межпозвоночных дисках. Первоначально закладывается двухкамерное сердце, оно преобразуется в трехкамерное, а затем в четырехкамерное. Эти данные указывают на общность происхождения человека с остальными хордовыми животными.

Вопрос 4. Какие стадии выделяют в процессе становления человека как вида?

В процессе становления человека выделяют три стадии: 1) древнейшие люди; 2) древние люди; 3) современные люди.

Древнейшие люди появились около 1 млн лет назад. Известно несколько форм

древнейших людей: питекантроп, синантроп, гейдельбергский человек. Внешне они уже напоминали современного человека, масса мозга достигала 800—1000 г. Успешно охотились на буйволов, носорогов, оленей, птиц. С помощью отесанных камней они разделывали убитых животных. Жили в основном в пещерах и умели использовать огонь.

К ***древним людям — неандертальцам*** относится группа людей, появившаяся около 200 тыс. лет назад. Масса мозга достигала 1500 г.

Современные люди — кроманьонцы обладали высоким ростом (до 180 см), объем черепной коробки достигал 1600 $см^3$. Сплошной надглазничный валик отсутствовал. Кроманьонцы владели членораздельной речью.

Ученые полагают, что первые современные люди появились около 40 тыс. лет назад.

Вопрос 5. Какие факторы явились ведущими в эволюции первых современных людей?

Наиболее перспективным направлением эволюции было дальнейшее увеличение объема головного мозга, развитие общественного образа жизни, совершенствование орудий труда, более широкое использование огня не только для обогрева

или отпугивания животных, но и для приготовления пищи. Для современного этапа эволюции человека (последние 30—40 тыс. лет) характерно резкое снижение роли биологических факторов. Человеческие сообщества сами создают себе среду обитания, освобождаясь тем самым от давления движущей формы естественного отбора. Таким образом, ведущую роль в эволюции человека стали играть социальные факторы.

Вопрос 6. Когда появились первые современные люди?

Около 40—50 тыс. лет назад возник вид Человек разумный (*Homo sapiens*), выделившийся из групп неандертальцев с наиболее сильно развитыми общественными взаимосвязями. Некоторое время неандертальцы и первые люди сосуществовали, пока примерно 28 тыс. лет назад неандертальцы не были окончательно вытеснены первыми современными людьми — кроманьонцами.

Вопрос 7. Почему неандертальцы были вытеснены современными людьми — кроманьонцами?

Около 40—50 тыс. лет назад возник вид Человек разумный (*Homo sapiens*), выделившийся из групп неандертальцев с наиболее сильно развитыми обществен-

ными взаимосвязями. Некоторое время неандертальцы и первые люди сосуществовали, пока примерно 28 тыс. лет назад неандертальцы не были окончательно вытеснены первыми современными людьми — кроманьонцами. Более сложная общественная организация, разветвленные связи внутри племенного коллектива, дальнейшее совершенствование в освоении орудий труда и использовании огня позволило кроманьонцам одержать победу в борьбе за существование.

В настоящее время существует три версии ответа на этот вопрос:

1) неандертальцы были истреблены кроманьонцами;

2) неандертальцы были ассимилированы первыми современными людьми;

3) работали оба механизма.

Вопрос 8. Какие основные расы выделяют внутри вида Человек разумный?

Считают, что современный тип человека окончательно сформировался около 10—12 тыс. лет назад и широко распространился по планете. Единый вид *Homo sapiens* в результате этого распался на ряд географических популяций. Эти популяции, именуемые *расами*, различаются по ряду внешних признаков (цвет кожи, форма головы, волос, носа, губ и т. п.)

и по частоте некоторых генов, определяющих биохимические признаки.

В настоящее время выделяют три большие расы:

1) экваториальная, или австрало-негроидная;

2) евразиатская, или европеоидная;

3) азиатско-американская, или монголоидная.

Каждая из них, в свою очередь, подразделяется на целый ряд более мелких рас.

Раздел 2

Структурная организация живых организмов

Глава 9

Химическая организация клетки

§ 21. Неорганические вещества, входящие в состав клетки

Вопрос 1. Какие химические элементы составляют большую часть массы клетки?

В состав клетки входит около 70 элементов периодической системы Менделеева.

Из них основная часть — 98% приходится на макроэлементы — углерод, водород, кислород, азот, которые вместе с серой и фосфором образуют группу биоэлементов.

Вопрос 2. Что такое микроэлементы? Приведите примеры и охарактеризуйте их биологическое значение.

***Микроэлементы* — вещества, входящие в состав клетки в очень малых коли-**

чествах (от 0,18 до 0,02%). К ним относятся цинк, медь, иод, фтор, кобальт.

Находясь в составе клетки в виде ионов и иных соединений, они активно участвуют в построении живого организма. Так, цинк входит в состав молекулы инсулина — гормона поджелудочной железы. Иод — необходимый компонент тироксина — гормона щитовидной железы. Фтор участвует в образовании эмали зубов. Медь входит в состав молекул некоторых белков, например гемоцианина. Кобальт является компонентом молекулы витамина B_{12}, необходимого организму для нормального кроветворения.

Вопрос 3. Каковы особенности пространственной организации молекулы воды, обусловливающие ее биологическое значение?

Молекула воды обладает небольшими размерами и таким свойством, как полярность. Под полярностью подразумевают неравномерное распределение зарядов в молекуле. У молекулы воды один конец несет небольшой положительный заряд, а другой — отрицательный. Такую молекулу называют *диполем*. Более электроотрицательный атом кислорода притягивает электроны водородных атомов — возникает электростатическое взаимодей-

ствие, молекулы воды как бы «склеиваются». Эти взаимодействия называют *водородными связями*. Вода — превосходный растворитель для полярных веществ, участвующих в обменных процессах.

Вопрос 4. Какие минеральные соли входят в состав живых организмов?

Вопрос 5. Какие вещества обусловливают буферные свойства клетки?

В клетках живых организмов находятся соли различных неорганических соединений, как правило, диссоциированные на ионы. В основном это соли натрия, калия, кальция, фосфаты, карбонаты. Минеральные вещества имеют важнейшее значение в процессах, происходящих в живых организмах. От концентрации солей в клетке зависят ее *буферные свойства* — способность клетки поддерживать слабощелочную реакцию своего содержимого на постоянном уровне. Внутри клетки буферность обеспечивается главным образом анионами $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}. Во внеклеточной жидкости и крови роль буфера играют CO_3^2 и HCO_3^-. Анионы слабых кислот и щелочей связывают ионы H^+ и гидроксид-ионы (OH^-), благодаря чему реакция среды почти не меняется.

§ 22. Органические вещества, входящие в состав клетки

Вопрос 1. Какие органические вещества входят в состав клетки?

Органические вещества составляют в среднем 20—30% массы клетки живого организма. К ним относят биологические полимеры — белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, а также жиры и ряд других молекул — гормонов, пигментов, АТФ, витаминов.

1. ***Белки*** — линейные биополимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В состав белков животного организма входит 20 основных аминокислот. Аминокислоты — амфотерные органические соединения, совмещающие свойства кислоты и основания благодаря наличию кислотной (карбоксильной) группы и основной (амино-) группы. Аминокислоты отличаются друг от друга по структуре радикала.

2. ***Углеводы*** — органические соединения с общей формулой $C_n(H_2O)_m$. Выделяют простые углеводы — моносахариды, дисахариды и полисахариды. В зависимости от количества атомов углерода в молекуле моносахаридов их называют триозами — 3 атома, тетрозами — 4 атома, пентозами — 5 атомов и гексозами —

6 атомов углерода в молекуле. Из шестиуглеродных моносахаридов наиболее важны глюкоза, фруктоза и галактоза, принимающие важнейшее участие в процессах метаболизма. Пятиуглеродные моносахариды (рибоза и дезоксирибоза) входят в состав ДНК и РНК. Дисахаридами называют химические соединения, образованные двумя молекулами моносахаридов. Например, пищевой сахар сахароза, состоящий из одной молекулы глюкозы и одной молекулы фруктозы. Полисахариды — биополимеры, мономерами которых служат простые сахара. Типичными представителями полисахаридов служат крахмал, гликоген и целлюлоза, мономером которых является простой шестиуглеродный сахар глюкоза. При этом крахмал и гликоген представляют собой разветвленные полимеры, а целлюлоза — линейный полимер.

3. ***Нуклеиновые кислоты*** — линейные биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды. Нуклеотид — органическое соединение, состоящее из азотистого основания (аденин, тимин, гуанин, цитозин или урацил), пятиуглеродного сахара — пентозы (рибоза или дезоксирибоза) и остатка фосфорной кислоты. В состав нуклеиновых кислот входит 8 видов нуклеотидов (4 вида рибозосодержащих в РНК и 4 вида дезоксирибозосо-

держащих в ДНК). Отдельные нуклеотиды объединяются в полинуклеотидную цепь за счет образования фосфоэфирных связей между сахаром одного и остатком фосфорной кислоты последующего нуклеотида. ДНК состоят из двух полинуклеотидных цепей, а молекулы РНК, как правило, — из одной цепочки.

4. ***Жиры*** — органические соединения трехатомного спирта глицерина и жирных кислот.

Вопрос 2. Из каких простых органических соединений состоят белки?

Белки — линейные нерегулярные биополимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В состав белков животного организма входит 20 аминокислот, отличающихся друг от друга небольшой группировкой — радикалом. Все *аминокислоты* — амфотерные органические соединения, имеющие карбоксильную (кислотную) группу и амино- (основную) группу.

Вопрос 3. Что такое пептиды?

Молекулы аминокислот, соединенные пептидными связями, называют *пептидами*.

Пептидная связь — это связь между углеродом кислотной группы одной и азо-

том основной группы другой аминокислоты. Соединение двух аминокислот называется дипептидом, трех — трипептидом; более 20 аминокислот — полипептидом.

Вопрос 4. Какие функции белков вам известны?

1. ***Каталитическая.*** Все биологические катализаторы — ферменты имеют белковую природу.

2. ***Пластическая*** — строительная. Белки входят в состав клеточной мембраны и образуют немембранные структуры клетки (например, цитоскелет) и часть межклеточного вещества.

3. ***Транспортная.*** Гемоглобин переносит кислород в крови; в мембранах клеток имеются специальные транспортные белки, активно переносящие определенные вещества в клетку.

4. ***Регуляторная.*** Некоторые гормоны имеют белковую природу, например инсулин, гормоны гипофиза.

5. ***Сигнальная.*** На наружной поверхности клеточной мембраны имеется множество специфических рецепторов гликопротеидной природы, воспринимающих внешние воздействия (гормоны, другие биологически активные вещества) или определяющих характер взаимодействия клетки с вирусом.

6. ***Двигательная.*** Все виды движения обеспечиваются специфическими сократительными белками (актин, миозин; микротрубочки веретена деления).

7. ***Защитная.*** В ответ на внедрение инородных веществ (антигенов) клетками крови (лейкоцитами) синтезируются специальные белки — антитела. Их взаимодействие приводит к образованию безвредного компонента «антиген — антитело».

8. ***Энергетическая.*** При расщеплении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии (4,2 ккал).

Вопрос 5. Какие химические соединения называют углеводами?

Вопрос 6. Какой простой углевод служит мономером крахмала, гликогена, целлюлозы?

Углеводы — органические соединения с общей формулой $C_n(H_2O)_m$.

Химики различают несколько видов углеводов. Во-первых, это моносахариды. Они представляют собой углеродный скелет, состоящий из 3, 4, 5, 6 и более атомов, связанных друг с другом. К ним присоединена молекула воды в виде H- и OH -групп (кроме первого и последнего). Вследствие этого формула моносахаридов — $C_n(H_2O)_n$. Сейчас для нас имеют наибольшее значение две группы моносаха-

ридов: *пентозы* (рибоза и дезоксирибоза), входящие в состав нуклеотидов ДНК и РНК, а также *гексоза* — глюкоза — основной источник энергии и наиболее часто встречающийся мономер сложных сахаров.

Во-вторых, это дисахариды — соединения двух простых сахаров. Например, сахароза (глюкоза + фруктоза) или галактоза (сахароза + сахароза). В основном дисахариды являются пищевыми источниками глюкозы.

Наконец, полисахариды — обширный класс углеводов, которые представляют собой довольно разнообразные полимеры. Мономером большинства из них является глюкоза. Среди них разветвленные полимеры из глюкозы — крахмал и гликоген, накапливающиеся в клетках растений и животных (соответственно крахмал — в клетках растений, а гликоген — в клетках животных) в качестве запаса питательных веществ. При недостатке поступления глюкозы в организм они расщепляются и обеспечивают энергетические потребности клетки. Другой полисахарид — линейный полимер — целлюлоза образует клеточные стенки растений.

Иные полисахариды, имеющие более сложное строение, формируют наружный скелет членистоногих, грибов и даже прокариотических клеток.

Вопрос 7. Укажите функции углеводов. Какие клетки наиболее богаты углеводами?

1. ***Энергетическая.*** Глюкоза — основной источник энергии в организме. При сгорании 1 г глюкозы образуется 17,6 кДж (4,2 ккал) энергии.

2. ***Сигнальная.*** Углеводы входят в состав гликопротеидных рецепторов на поверхности клеточной мембраны.

3. ***Резервная.*** Запас питательных веществ в клетке в виде зерен крахмала и глыбок гликогена.

4. ***Пластическая.*** Углеводы образуют клеточную стенку растений (целлюлоза), грибов (хитин). Формируют наружный хитиновый скелет членистоногих.

Наиболее богаты углеводами растительные клетки, где их содержание иногда достигает до 90% сухой массы (клетки клубней картофеля, семена). В животных клетках содержание углеводов не превышает 2—5%.

Вопрос 8. Что такое липиды? Опишите их химический состав.

Липиды (*жиры*) — это соединения высокомолекулярных жирных кислот и трехатомного спирта глицерина. Характерной особенностью жиров является их гидрофобность — нерастворимость в воде.

По своему химическому строению они представляют собой эфиры глицерина и жирных кислот.

Вопрос 9. Какие функции выполняют липиды? В каких клетках и тканях их особенно много?

1. ***Пластическая.*** Это наиболее значимая функция липидов. Их производные — фосфолипиды входят в состав клеточной мембраны.

2. ***Энергетическая.*** При окислении 1 г жиров выделяется 38,9 кДж (9,3 ккал) энергии.

3. Жиры являются ***растворителями*** для гидрофобных веществ — гормонов, витаминов (A, D, E).

4. ***Запасающая.*** Жировые включения — капли жира в клетке накапливаются в виде резерва питательных веществ. У многих животных во время спячки при расщеплении жира высвобождается большое количество энергии и так называемой «внутрирожденной» воды, что позволяет организмам, впадающим в спячку, не только не есть, но и не пить.

5. ***Терморегулирующая.*** За счет плохой теплопроводности жировая ткань может служить теплоизолятором. Однако это качество лучше всего проявляется у водных млекопитающих: китообразных и ластоногих. Так, например, у кита сред-

них размеров подкожно-жировой слой может достигать 1 м и более.

6. ***Механическая (защитная)***. Рыхлая жировая ткань при механическом повреждении предохраняет подлежащие органы от механического воздействия и сохраняет их целостность.

Обычно содержание жиров в клетках колеблется от 5 до 15%. Однако в клетках жировой ткани их количество доходит до 90% сухого веса. Также жиров много в семенах и плодах растений.

Вопрос 10. Откуда в организме берется метаболическая вода?

Метаболическая, или эндогенная, вода образуется в организме в результате большого количества биохимических превращений. Наибольшее ее количество образуется при окислении углеводов и жиров. Например, при расщеплении 100 г жира выделяется не только значительное количество энергии, но и 134 мл эндогенной воды. Такое свойство жиров позволяет многим животным (амфибиям, рептилиям и млекопитающим) в неблагоприятный сезон года впадать в спячку и не вести активный образ жизни. Это же качество жира делает возможным трансокеанские перелеты некоторых бабочек (махаон).

Вопрос 11. Что такое нуклеиновые кислоты? Какие типы нуклеиновых кислот вы знаете?

Нуклеиновые кислоты — линейные биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды.

Известно два типа нуклеиновых кислот — ДНК и РНК. Они отличаются по строению нуклеотидов. Так, нуклеотид ДНК включает сахар — дезоксирибозу, остаток фосфорной кислоты и одно из азотистых оснований — аденин, *тимин*, гуанин или цитозин. Нуклеотид РНК содержит сахар — рибозу, остаток фосфорной кислоты и одно из азотистых оснований — аденин, *урацил*, гуанин или цитозин.

Как в ДНК, так и в РНК нуклеотиды соединяются друг с другом в полинуклеотидную цепь за счет образования фосфоэфирных связей между сахаром одного и остатком фосфорной кислоты последующего нуклеотида.

Вопрос 12. Какие простые органические соединения служат элементарной составной частью нуклеиновых кислот?

Мономерами нуклеиновых кислот служат нуклеотиды. *Нуклеотид* — органическое соединение, состоящее из одного азотистого основания (аденина, тимина, урацила, гуанина или цитозина), пятиуг-

леродного сахара (рибозы или дезоксирибозы) и остатка фосфорной кислоты. Адениловый нуклеотид, содержащий рибозу и три остатка фосфорной кислоты, называется аденозинтрифосфорной кислотой — АТФ и является универсальным аккумулятором энергии.

Глава 10

Обмен веществ и преобразование энергии в клетке

§ 23. Пластический обмен. Биосинтез белков

Вопрос 1. Дайте определение ассимиляции.

Ассимиляция (*анаболизм, или пластический обмен*) — совокупность реакций биологического синтеза, в ходе которых из простых веществ, поступающих в клетку извне, образуются вещества клетки. Из них строится тело клеток, тканей и целых организмов. Некоторые из этих веществ в дальнейшем расщепляются, в результате чего выделяется энергия.

Вопрос 2. Назовите основные свойства генетического кода и поясните их значение.

Генетический код — это принцип организации молекул ДНК и РНК, который

заключается в том, что последовательность нуклеотидов в этих нуклеиновых кислотах является информацией о порядке аминокислот в полипептидной цепи или последовательности нуклеотидов в молекулах РНК. Представьте себе обычный алфавит, напечатанный в начале любого словаря, — это код, которым можно записать любую информацию. Другим примером кода может служить ящик с типографским шрифтом, использовавшимся в прошлом веке для набора книг, газет и журналов. Букв в алфавите и типографском ящике может быть мало (в первом случае) или много (во втором случае), но их все равно не хватит для того, чтобы напечатать эту книгу. Поэтому буквы, а в данном случае нуклеотиды, — лишь символы, сочетания которых и являются той или иной информацией.

Перечислим основные свойства генетического кода.

1. ***Триплетность.*** Значимой единицей структуры молекулы ДНК (РНК) является определенная последовательность трех следующих друг за другом нуклеотидов — триплета. Именно последовательность триплетов в молекуле ДНК или иРНК, определяет включение в полипептидную цепь той или иной аминокислоты в положенном месте.

2. ***Специфичность.*** Один и тот же триплет всегда соответствует одной аминокислоте.

3. ***Избыточность.*** Существует 64 возможные комбинации нуклеотидов в триплеты, которые кодируют 20 аминокислот. В результате некоторые аминокислоты определяются несколькими триплетами, что повышает надежность передачи наследственной информации.

4. ***Универсальность.*** Генетический код универсален для всех живых организмов. Например, он одинаков у кишечной палочки и человека.

5. ***Неперекрываемость.*** Кодирующие аминокислоты триплеты никогда не перекрываются, а считываются и передаются всегда целиком. Невозможно использование нуклеотида одного триплета в комбинации с нуклеотидами другого триплета.

Вопрос 3. Что такое комплементарность?

Комплементарность (от лат. *«комплементум»* — дополнение) взаимное соответствие в химическом строении взаимодействующих молекул, обеспечивающее образование водородных связей между ними. Комплементарные структуры подходят друг к другу, как ключ к замку. Например, при синтезе информационной

РНК последовательность нуклеотидов иРНК точно соответствует (комплементарна) последовательности нуклеотидов матрицы — полинуклеотидной цепи ДНК.

Вопрос 4. Где синтезируются рибонуклеиновые кислоты?

Информация о структуре всех видов РНК заключена в последовательности нуклеотидов ДНК и реализуется в один этап путем комплементарного синтеза молекулы РНК на одной из цепей молекул ДНК, т. е. в результате транскрипции. Пространственно данные процессы локализованы в ядре клетки.

Вопрос 5. Где происходит синтез белка?

Непосредственная сборка белковой молекулы происходит в цитоплазме. При этом молекула иРНК выходит в цитоплазму, где соединяется с одной или целой группой рибосом на мембранах эндоплазматической сети. Задачей рибосом является осуществление поочередного подбора тРНК несущих аминокислоты к кодону иРНК, находящемуся в активном центре рибосомы. После подбора к одному кодону рибосома «перескакивает» на другой и все начинается сначала. Так рибосома проходит триплет за триплетом (кодон за кодо-

ном) от одного конца иРНК до другого, в результате чего образуется уникальная последовательность аминокислот (полипептид), закодированная в данной последовательности иРНК. Если по этой иРНК перемещаются несколько рибосом, то каждая из них образует одинаковые белковые молекулы.

§ 24. Энергетический обмен

Вопрос 1. Что такое диссимиляция? Перечислите ее этапы.

Диссимиляция (*катаболизм*, *энергетический обмен*) — процесс, обратный реакциям биосинтеза. Сложные биополимеры распадаются, образуя простые вещества с выделением энергии, необходимой для реакций биосинтеза.

Выделяют три этапа энергетического обмена.

1. ***Подготовительный этап.*** На этом этапе молекулы полисахаридов, белков, жиров и нуклеиновых кислот распадаются на более мелкие молекулы — глюкозу, аминокислоты, жирные кислоты, глицерин, нуклеотиды.

2. ***Бескислородный*** — этап неполного окисления (брожения), также называется анаэробным дыханием (гликолизом). При этом из 1 молекулы глюкозы образуется

2 молекулы молочной кислоты, а из 2 АДФ и 2 остатков фосфорной кислоты синтезируется 2 молекулы АТФ. В АТФ запасается 40% энергии, остальное рассеивается в виде тепла.

3. ***Кислородное расщепление*** — аэробное дыхание.

На этом этапе органические соединения (молочная кислота) окисляются до конечных продуктов CO_2 и H_2O. Кислородное расщепление сопровождается выделением большого количества энергии и запасанием 90% ее в 36 молекулах АТФ.

Вопрос 2. В чем заключается роль АТФ в обмене веществ в клетке?

Вопрос 3. В каких структурах клетки осуществляется синтез АТФ?

Энергия, высвобождаемая при окислении питательных веществ в клетке, запасается в фосфатных связях молекулы АТФ. АТФ обеспечивает энергией все виды клеточных функций — биосинтез, деление клетки, мышечное сокращение, перенос веществ через мембрану, поддержание мембранного потенциала и проведение нервного импульса.

Молекула АТФ состоит из азотистого основания аденина, сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты.

Синтез АТФ происходит на внутренней поверхности внутренней мембраны митохондрий.

Вопрос 4. Опишите известные вам типы питания организмов.

По типу питания все организмы делятся на *автотрофных* и *гетеротрофных*. Гетеротрофными называются организмы, использующие для питания органические источники углерода. Например, все животные, грибы, большинство бактерий питаются готовыми органическими веществами.

Автотрофными называются организмы, живущие за счет неорганического источника углерода — углекислого газа и использующие для осуществления процессов синтеза органических молекул энергию солнечного света — фототрофы или химических связей — хемотрофы.

Вопрос 5. Какие организмы называются автотрофными? На какие группы делятся автотрофные организмы?

Автотрофы — организмы, живущие за счет неорганического источника углерода — углекислого газа и использующие для осуществления процессов синтеза энергию солнечного света — *фототрофы*

(например, зеленые растения) или химических связей — *хемотрофы* (например, нитрифицирующие бактерии).

Вопрос 6. Почему в результате фотосинтеза у зеленых растений в атмосферу выделяется свободный кислород?

Фотосинтез — процесс образования органических соединений из неорганических за счет энергии солнечного света. Выделяют световую и темновую фазы фотосинтеза.

1. В ходе световых реакций фотосинтеза образуются молекулы АТФ, необходимые для синтеза глюкозы из углекислого газа, и свободный кислород, который является побочным продуктом фотосинтеза.

2. В темновую фазу фотосинтеза происходит образование глюкозы из углекислого газа с затратой энергии.

В световую фазу фотосинтеза под действием квантов света и при взаимодействии с хлорофиллом происходит разложение — *фотолиз воды* на атомарный водород и свободные радикалы $OH^{\bullet}$. Радикалы $OH^{\bullet}$ взаимодействуют между собой, образуя свободный кислород и воду: $4OH^{\bullet} \longrightarrow O_2 + 2H_2O$.

Так как кислород не включается в дальнейший каскад реакций фотосинтеза, он выделяется во внешнюю среду.

Вопрос 7. Что такое хемосинтез?

Некоторые бактерии, лишенные хлорофилла, способны к синтезу органических соединений; при этом они используют энергию химических реакций, происходящих в клетках при окислении некоторых неорганических соединений, для ассимиляции CO_2 и H_2O и построения из них неорганических веществ. Процесс образования некоторыми микроорганизмами органических соединений из неорганических за счет энергии окислительно-восстановительных реакций называется *хемосинтезом*.

К группе автотрофов-хемосинтетиков (хемотрофов) относятся, в частности, нитрифицирующие (азотфиксирующие) бактерии. Одни из них используют энергию окисления аммиака в азотную кислоту, другие — энергию окисления азотистой кислоты в азотную. Известны хемосинтетики, извлекающие энергию, которая возникает при окислении двухвалентного железа в трехвалентное (их называют железобактериями) или при окислении сероводорода до серной кислоты (серные бактерии). Фиксируя атмосферный азот, переводя нерастворимые минералы в форму, пригодную для усвоения растениями, хемосинтезирующие бактерии играют важную роль в круговороте веществ в природе и образовании полезных ископаемых.

Вопрос 8. Какие организмы называются гетеротрофными? Приведите примеры.

Гетеротрофы — организмы, использующие органические источники углерода. Например, все животные, грибы, большинство бактерий. Эти организмы получают все необходимые им питательные вещества с пищей. Последняя расщепляется в пищеварительной системе до мономеров. Некоторые вещества, например углеводы и жиры, подвергаются дальнейшему расщеплению внутри клеток, за счет чего запасается энергия в виде АТФ. Из других мономеров гетеротрофы «строят» свое тело, используя, по сути, энергию химических связей органических молекул (пошедших на синтез АТФ).

Глава 11

Строение и функции клеток

§ 25. Прокариотическая клетка

Вопрос 1. По какому признаку все живые организмы делятся на две группы — прокариоты и эукариоты? Чем они отличаются?

Признаком, по которому все живые организмы делятся на прокариот (безъядерных) и эукариот (ядерных) является от-

сутствие или наличие в их клетках оформленного ядра.

Основные отличия эукариотических и прокариотических клеток представлены в таблице:

Эукариотические клетки	**Прокариотические клетки**
1. Ядро имеется; оболочка состоит из двух мембран; генетический материал хранится внутри ядра — в хромосомах. Как правило, функционирует небольшое количество генов (особенно в клетках многоклеточных организмов)	**1.** Ядро отсутствует; кольцевая молекула ДНК свободно расположена в цитоплазме, не связана с белками и не образует спиралей высокого уровня. Большинство генов непрерывно работает
2. Аэробное дыхание происходит в митохондриях	**2.** Дыхание происходит на внутренней поверхности цитоплазматической мембраны и в мезосомах — впячиваниях плазматической мембраны
3. Присущ мембранный принцип строения. Органелл много, некоторые из них имеют двумембранное строение (митохондрии, хлоропласты)	**3.** Внутренних мембран нет. Органелл мало; представлены только рибосомы, видоизмененный аппарат Гольджи и лизосомы

Эукариотические клетки	**Прокариотические клетки**
4. Размеры в 1000–10 000 раз больше прокариот. Могут достигать 40 мкм; некоторые одноклеточные организмы – нескольких миллиметров	**4.** Размеры – от 0,5 до 5 мкм
5. Существуют в виде одноклеточных организмов и составляют многоклеточные организмы	**5.** Всегда существуют в виде одноклеточных организмов
6. Животные клетки не имеют клеточной стенки; растительные обладают целлюлозной клеточной стенкой	**6.** Имеют клеточную стенку, состоящую из муреина
7. Размножение осуществляется путем митоза	**7.** Размножаются путем простого деления надвое, чему предшествует удвоение кольцевой хромосомы

Вопрос 2. Какие организмы относятся к прокариотам?

Вопрос 3. Опишите строение бактериальной клетки.

К прокариотам относятся бактерии (архебактерии, настоящие бактерии и оксифотобактерии).

Строение бактериальной клетки значительно проще организации клетки эукариотической.

Большинство бактерий имеют клеточную стенку из муреина (кроме микоплазм), под которой лежит плазматическая мембрана. Особые выросты плазмолеммы бактерий — мезосомы представляют собой примитивные органеллы, участвующие в процессах клеточного дыхания. У фотосинтезирующих бактерий в складках и выпячиваниях плазматической мембраны находятся фотосинтетические пигменты, на которых идут процессы фотосинтеза. Бактериальная клетка лишена эндоплазматической сети, рибосомы свободно лежат в цитоплазме. Генетический материал, представленный кольцевидной молекулой ДНК, также свободно расположен в цитоплазме.

По своей форме бактериальные клетки могут быть шаровидными (кокки), вытянутыми (палочки или бациллы) и извитыми (спириллы).

Вопрос 4. Как размножаются бактерии?

Бактериальные клетки размножаются делением надвое. После удвоения кольцевой хромосомы и удлинения клетки постепенно образуется поперечная перетяж-

ка. Затем дочерние клетки расходятся или остаются связанными в характерные группы — цепочки, пакеты. Иногда размножению у бактерий предшествует половой процесс — конъюгация, сущность которого заключается в образовании новых комбинаций генов в бактериальной хромосоме. В ходе конъюгации бактерия-донор отдает часть своего генетического материала бактерии-реципиенту. После этого клетка-донор погибает, а клетка-реципиент с обновленной наследственной информацией делится надвое.

Вопрос 5. В чем сущность и биологический смысл процесса спорообразования у бактерий?

В неблагоприятных условиях среды многие прокариоты образуют споры. *Спорообразование* выражается в выделении небольшого участка цитоплазмы, содержащего кольцевидную хромосому, и окружении его толстой многослойной капсулой. Обменные процессы внутри споры практически прекращается, спора обизвествляется. В сухом состоянии споры могут сохранять жизнеспособность сотни и тысячи лет. Попадая в благоприятные условия, спора «прорастает» и дает начало полноценной активной прокариотической клетке.

§ 26. Эукариотическая клетка. Цитоплазма

Вопрос 1. Что такое цитоплазма?

Вопрос 2. Какие органоиды клетки находятся в цитоплазме?

Цитоплазма — одна из составных частей клетки. Она представляет собой внеядерную часть протоплазмы клеток живых организмов и является рабочим аппаратом клетки, в котором протекают основные метаболические процессы. В ней сосредоточены общие и специальные органоиды, включения.

Органоидами называют постоянно присутствующие в цитоплазме, специализированные для выполнения определенных функций структуры. По структуре выделяют мембранные и немембранные органоиды клетки.

Мембранные органоиды клетки

1. ***Эндоплазматическая сеть*** — система внутренних мембран цитоплазмы, образующих крупные полости — цистерны и многочисленные канальцы; занимает центральное положение в клетке вокруг ядра, составляя до 50% ее объема. Каналы эндоплазматической сети (ЭПС) связывают все органоиды цитоплазмы и открываются в межмембранное простран-

ство ядерной оболочки. Таким образом, ЭПС представляет собой внутриклеточную циркуляционную систему.

Различают два вида мембран эндоплазматической сети — *гладкую* и *гранулярную* (*шероховатую*). Однако необходимо понимать, что все они являются частью одной, непрерывной эндоплазматической сети. На гранулярных мембранах расположены рибосомы, здесь идет синтез белка. На гладких мембранах ЭПС упорядоченно расположены ферментные системы, участвующие в синтезе жиров и углеводов.

2. ***Аппарат Гольджи*** — система цистерн, канальцев и пузырьков, образованных гладкими мембранами. Эта структура расположена на периферии клетки по отношению к ЭПС. На мембранах аппарата Гольджи упорядоченно расположены ферментные системы, участвующие в образовании более сложных органических соединений из белков, жиров и углеводов, синтезированных на мембранах ЭПС. Здесь происходит сборка мембран, образование лизосом. Мембраны аппарата Гольджи обеспечивают накопление, концентрацию и упаковку секрета, выделяемого из клетки.

3. ***Лизосомы*** — мембранные органоиды, содержащие до 40 протеолитических ферментов, способных расщеплять органические молекулы. Лизосомы участву-

ют в процессах внутриклеточного пищеварения и запрограммированной гибели клетки (апоптоза).

4. ***Митохондрии*** — энергетические станции клетки. Двухмембранные органоиды, имеющие гладкую наружную и внутреннюю мембрану, образующую кристы – гребни. На внутренней поверхности внутренней мембраны упорядоченно расположены ферментные системы, участвующие в синтезе АТФ. В митохондриях находится кольцевидная молекула ДНК, сходная по строению с хромосомой прокариот. Имеется много мелких рибосом, на которых идет частично независимый от ядра синтез белков. Однако генов, заключенных в кольцевидной молекуле ДНК недостаточно для обеспечения всех аспектов жизнедеятельности митохондрий, и они являются полуавтономными структурами цитоплазмы. Увеличение их числа происходит за счет деления, чему предшествует удвоение кольцевой молекулы ДНК.

5. ***Пластиды*** — органоиды, характерные для растительных клеток.

Среди пластид различают *лейкопласты* — бесцветные пластиды, *хромопласты*, имеющие красно-оранжевую окраску, и *хлоропласты* — зеленые пластиды. Все они имеют единый план строения и образованы двумя мембранами: наруж-

ной — гладкой и внутренней, образующей перегородки — тилакоиды стромы (основы). На тилакоидах стромы расположены граны, состоящие из уплощенных мембранных пузырьков — тилакоидов граны, уложенных один на другой по типу монетных столбиков. Внутри тилакоидов граны находится хлорофилл. Световая фаза фотосинтеза проходит именно в тилакоидах гран, а темновая в тилакоидах стромы. В пластидах имеется кольцевидная молекула ДНК, сходная по строению с хромосомой прокариот, и много мелких рибосом, на которых идет частично независимый от ядра синтез белков. Пластиды могут переходить из одного вида в другой (хлоропласты в хромопласты и лейкопласты), они являются полуавтономными органоидами клетки. Увеличение числа пластид идет за счет их деления надвое и почкования, которым предшествует редупликация кольцевидной молекулы ДНК.

Немембранные органоиды клетки

1. ***Рибосомы*** — округлые тельца, образованные из двух субъединиц, состоящие на 50% из РНК и 50% из белков. Субъединицы образуются в ядре, в зоне ядрышка, а в цитоплазме в присутствии ионов Ca^{2+} объединяются в целостные структуры. В цитоплазме расположены на

мембранах эндоплазматической сети (гранулярная ЭПС) или свободно. В активном центре рибосом происходит процесс трансляции (подбор антикодонов тРНК к кодонам иРНК). Рибосомы, перемещаясь по молекуле иРНК с одного конца на другой, последовательно делают доступными кодоны иРНК для контакта с антикодонами тРНК. Так последовательно считывается уникальная наследственная информация, и образуется полипептид с заданной последовательностью аминокислот.

2. ***Центриоли*** (клеточный центр) представляют собой цилиндрические тельца, стенкой которых являются 9 триад белковых микротрубочек. В клеточном центре центриоли расположены под прямым углом друг к другу. Они способны к самовоспроизведению по принципу самосборки. Самосборка — образование при помощи ферментов структур, подобных существующим. Центриоли принимают участие в образовании нитей веретена деления. Обеспечивают процесс расхождения хромосом во время деления клеток.

3. ***Жгутики и реснички*** — органоиды движения клетки; они имеют единый план строения — наружная часть жгутика обращена в окружающую среду и покрыта участком цитоплазматической мембраны. Она представляет собой цилиндр:

его стенкой являются 9 пар белковых микротрубочек, а в центре расположены 2 осевые микротрубочки. В основании жгутика, находящегося в эктоплазме — цитоплазме, лежащей непосредственно под клеточной мембраной, к каждой паре микротрубочек добавляется еще одна короткая микротрубочка. В результате образуется базальное тельце, состоящее из 9 триад микротрубочек. Базальная мембрана по форме сходна с центриолью.

4. ***Цитоскелет*** представлен системой белковых волокон и микротрубочек. Обеспечивает поддержание и изменение формы тела клетки, образование псевдоподий. Отвечает за амебоидное движение, образует внутренний каркас клетки, обеспечивает передвижение клеточных структур по цитоплазме.

Вопрос 3. Какие органоиды клетки являются самовоспроизводящимися и почему?

К самовоспроизводящимся органоидам клетки относятся: митохондрии, пластиды, а также клеточный центр и базальные тельца.

В митохондриях и пластидах имеется кольцевидная молекула ДНК, сходная по строению с хромосомой прокариот. Самовоспроизведение этих структур основано на редупликации ДНК и выражается в делении надвое.

Центриоли способны к самовоспроизведению по принципу самосборки. Самосборка — образование при помощи ферментов структур, подобных существующим.

Вопрос 4. Что такое включения?

Включениями называют непостоянные структуры цитоплазмы, которые в отличие от органоидов то возникают, то исчезают в процессе жизнедеятельности клетки. Чаще всего они выполняют роль резерва питательных веществ, как, например, зерна крахмала в клетках растений или глыбки гликогена у животных; встречаются также жидкие включения — капли жира.

В других случаях включения оказываются защитными продуктами жизнедеятельности, например, пигмент меланин в коже загорающего человека.

Плотные включения называют *гранулами* (зерна крахмала или гликогена). Жидкие включения — *вакуолями* (капли жира).

Вопрос 5. В чем различие между пиноцитозом и фагоцитозом?

Процесс поглощения твердой частицы, например бактерии, называют *фагоцитозом*, что буквально означает «клеточный процесс поедания».

В начале 30-х гг. XX в. американский биолог Уоррен Льюис обнаружил, что клетки в состоянии поглощать также капельки жидкости; он назвал это явление *пиноцитозом* (греч. *pinein* — пить). Со временем оказалось, что фагоцитоз и пиноцитоз — проявления более общего механизма захвата, которому дали название *эндоцитоз*.

Эндоцитоз может осуществляться по-разному, но неизменно зависит от плазматической мембраны, служащей «перевозочным средством» для проникновения внутрь клетки. Каким бы ни был захваченный клеткой объект, он всегда входит в нее, окутанный мембранозным мешком, образованным от впячивания (инвагинации) плазматической мембраны.

§ 27. Эукариотическая клетка. Ядро

Вопрос 1. Опишите строение ядра эукариотической клетки.

Ядро — важнейшая составляющая часть клетки; выполняет функции хранения и воспроизведения генетической информации, регулирует процессы обмена веществ в клетке. Ядро окружено ядерной оболочкой, которая состоит из двух мембран. Содержимое ядра подразделяют на *ядерный сок*, *хроматин* и *ядрышко*.

Ядерная оболочка имеет две мембраны — наружную, покрытую рибосомами, — гранулярную и внутреннюю гладкую. Она является частью внутренней мембранной сети клетки. В пространство между двумя мембранами ядерной оболочки открываются каналы ЭПС. Ядерная оболочка имеет поры диаметром до 80 нм, которые способны к избирательной проницаемости. Транспорт веществ через ядерную оболочку осуществляется по каналам ЭПС, через поры ядерной оболочки, а также путем образования вакуолей и отшнуровывания участков ядерной оболочки. Ядерная оболочка образуется после завершения деления хромосом в телофазе митоза из прилегающих мембран ЭПС.

Кариоплазма (ядерный сок) — жидкая фаза ядра, в которой в растворенном виде находятся продукты жизнедеятельности ядерных структур — все виды РНК, рибосомальные белки, нуклеотиды, ферменты ядра, ионы.

Вопрос 2. Что такое ядрышко?

Ядрышко представляет собой не что иное, как скопление рибосомальных РНК, рибосомальных белков и рибосом на разных этапах формирования. В основе этого лежит участок хромосомы, несущий ген — ядрышковый организатор, заклю-

чающий наследственную информацию о структуре рибосомальных РНК.

Вопрос 3. Что такое хроматин? Опишите строение и состав хромосомы.

Хроматин — наследственный материал клетки. Тот хроматин, который мы видим в микроскоп как глыбки и гранулы, представляет собой в разной степени спирализованные участки хромосом. Он в генетическом плане не активен. Генетически активный хроматин полностью деспирализован и не виден даже в электронный микроскоп.

В делящейся клетке наследственный материал компактно упакован. Вследствие спирализации ДНК во время деления клетки наследственный материал становится виден в световой микроскоп как палочковидные тела — хромосомы. Помимо молекул ДНК в состав хромосом входят различные белки, вокруг которых сворачивается молекула ДНК.

Хромосомами называют самостоятельные ядерные структуры, имеющие плечи и первичную перетяжку. Форма хромосом зависит от положения первичной перетяжки — центромеры, к области которой во время деления клетки прикрепляются нити веретена деления. Центромера делит хромосому на два плеча.

Вопрос 4. Как соотносится число хромосом в соматических и половых клетках?

Хромосомный набор клеток тела (соматических клеток) несет так называемый двойной, или диплоидный набор хромосом. В этом наборе все хромосомы парные. Парные хромосомы носят название гомологичных; они совершенно одинаковы, несут гены, отвечающие за одни и те же признаки, и достались организму одна — от матери, другая — от отца.

При образовании половых клеток у каждого организма из каждой пары гомологичных хромосом в гамету (половую клетку) попадает только одна хромосома. Поэтому хромосомный набор половых клеток называют одинарным — гаплоидным. Например, в соматической клетке человека 46 хромосом — 23 пары, а в яйцеклетку или сперматозоид попадет только 23 хромосомы; у дрозофилы в клетках тела 8 хромосом — 4 пары, а в гаметах — 4 хромосомы.

При слиянии двух половых клеток происходит восстановление двойного набора хромосом, присущее данному виду.

Вопрос 5. Какие хромосомы называют гомологичными?

Хромосомы одинаковые по форме и размеру и несущие гены, определяющие раз-

витие одинаковых признаков, называются *гомологичными*. Одна из таких хромосом достается организму от отца, другая — от матери.

Вопрос 6. Что такое кариотип? Дайте определение.

Совокупность качественных и количественных признаков хромосомного набора в соматической клетке называется *кариотипом*. Кариотип является видовым признаком и одинаков у всех представителей вида. Например, у человека — 46 хромосом, у дрозофилы — 8 и т. д.

Вопрос 7. Вспомните строение хромосомы бактерий. Чем она отличается от хромосомы эукариот?

Хромосома прокариотической клетки имеет кольцевое строение, свободно расположена в цитоплазме и не отграничена ядерной оболочкой. Она одна, не имеет ядрышка, центромеры, вторичной перетяжки и вследствие этого характерных морфологических типов строения, свойственных хромосомам эукариотической клетки.

§ 28. Деление клеток

Вопрос 1. Что такое жизненный цикл клетки?

Жизненным циклом клетки называется совокупность событий, протекаю-

щих в ней от момента ее возникновения до гибели или последующего деления.

Жизненный цикл может соответствовать митотическому циклу — это характерно для неспециализированных стволовых клеток. Большинство же клеток покидают митотический цикл после деления (редко до него), специализируются и выполняют специфические функции иногда недолго, как клетки эпителия кожи или лейкоциты, а в ряде случаев в течение всей жизни организма, как нейроны головного мозга.

Вопрос 2. Дайте определение митотического цикла клетки.

Митотический цикл — совокупность процессов, протекающих в клетке во время подготовки ее к делению — в интерфазе и на протяжении митоза.

Интерфаза — период подготовки клетки к делению продолжается в среднем 23 часа и включает 3 этапа.

Митоз (греч. *mitos* — нить) — непрямое деление клетки; состоит из четырех фаз — профазы, анафазы, метафазы и телофазы. В результате происходит точное и равномерное распределение между дочерними клетками хромосомного материала. Обе дочерние клетки оказываются абсолютно одинаковыми.

Вопрос 3. В чем смысл удвоения молекул ДНК?

Две спирали старой матрицы молекулы ДНК расходятся, и каждая становится матрицей для воспроизводства новых цепей ДНК. Каждая из двух дочерних молекул обязательно включает одну старую полинуклеотидную цепь и одну новую.

В процессе синтеза ДНК принимает участие целая группа ферментов, из которых важнейший — ДНК-полимераза. Удвоение молекул ДНК происходит с удивительной точностью, чему способствует двухцепочечное строение молекулы: новая молекула абсолютно идентична старой. В этом заключается глубокий биологический смысл, потому что именно эти одинаковые (идентичные) молекулы затем, в процессе митоза, будут распределены в дочерние клетки.

Вопрос 4. В чем заключается подготовка клетки к митозу?

Интерфаза — период подготовки клетки к делению продолжается в среднем 23 часа и включает 3 этапа.

1. Пресинтетический, или постмитотический (G_1-период). Продолжительность его достигает 6—8 часов, формула клетки — $2n2c$. Идет активный синтез РНК, белков, необходимых для процесса само-

воспроизведения — редупликации ДНК. Клетка увеличивается в размерах, возрастает количество ее органоидов.

2. Продолжительность синтетического — S-периода колеблется в пределах 8—12 часов. Осуществляется редупликация ДНК; этот процесс начинается сразу во многих точках, в каждой из хромосом. К концу периода количество ДНК в каждой из хромосом удваивается. Формула клетки становится $2n4c$.

3. Постсинтетический, или премитотический (G_2) период продолжается 4—6 часов. Происходит интенсивный синтез РНК и белков, необходимых для обеспечения процессов митоза. Завершается рост клетки, удваивается клеточный центр.

Вопрос 5. Последовательно опишите фазы митоза. В чем его биологическое значение?

Митоз — непрямое деление клетки; состоит из четырех фаз — профазы, анафазы, метафазы и телофазы.

1. ***Профаза***. Формула клетки $2n4c$. Идет спирализация ДНК, хромосомы становятся видны как длинные тонкие нити. Клеточный центр заканчивает деление, и группы по две центриоли начинают движение к полюсам клетки, между ними формируются нити веретена деления. Спирализация хромосом усиливается, они

укорачиваются и утолщаются. Ядерная оболочка распадается на фрагменты. Хромосомы свободно лежат в цитоплазме.

2. ***Метафаза.*** Формула клетки $2n4c$. Спирализация хромосом достигает максимума — они укорочены и утолщены. В микроскоп становится видно, что каждая хромосома состоит из двух хроматид — молекул ДНК, соединенных в области центромеры. Хромосомы выстраиваются по экватору клетки. В плоскости экватора лежат центромеры хромосом, к ним прикрепляются нити веретена деления, которые называются *хромосомными*, а не связанные с хромосомами — *непрерывными*.

3. ***Анафаза.*** Центромерные участки делятся, и сестринские хроматиды — молекулы ДНК становятся самостоятельными дочерними хромосомами. Они начинают движение к различным полюсам клетки. Формула клетки: $2n2c + 2n2c = 4n4c$. Движение хромосом к полюсам обеспечивается: а) за счет скольжения хромосомной нити по непрерывной нити как по направляющей; б) подтягиванием хромосомной нити ферментами клеточного центра с одновременным отщеплением от нее фрагментов.

4. ***Телофаза.*** Группы дочерних хромосом достигают полюсов клетки и деспира-

лизуются. Они становятся видны как длинные тонкие нити. Вокруг каждой из групп хромосом, из мембран ЭПС, образуется ядерная оболочка. Формула каждого ядра $2n2c$. На фоне завершения деления ядра происходит разделение цитоплазмы, в результате чего органоиды примерно поровну распределяются между дочерними клетками.

Биологическое значение митоза

Митоз — форма клеточного деления, которая заключается в точном и равномерном распределении хромосомного материала между дочерними клетками, в результате чего каждая из них получает абсолютно одинаковую наследственную информацию.

1. Митоз лежит в основе всех форм бесполого размножения.

2. Митоз обеспечивает рост многоклеточного организма.

3. Митоз обеспечивает физиологическую регенерацию, т. е. обеспечивает восполнение клеточных потерь, возникших естественным путем (замена старых клеток новыми).

4. За счет митоза осуществляются процессы репаративной регенерации — восполнение клеточных потерь, возникших в результате травмы.

§ 29. Клеточная теория строения организмов

Вопрос 1. Расскажите историю открытия клетки.

Вопрос 2. Кем и когда была впервые сформулирована клеточная теория?

Вопрос 3. Изложите основные положения клеточной теории.

Клетка была открыта в XVII в. английским физиком Р. Гуком. Рассматривая под микроскопом срез пробки, он обнаружил, что она состоит из ячеек, и назвал их клетками. В XIX в. была открыта цитоплазма, а в 1831 г. английский ботаник Б. Броун обнаружил в клетке ядро. Немецкий ботаник М. Шлейден доказал, что ядра присущи любой растительной клетке. В конце 30-х гг. XIX в. немецкий физиолог Т. Шванн пришел к заключению, что клетка — главная структурная единица живых организмов.

В 1839 г. Т. Шванном была сформулирована и опубликована клеточная теория.

Современные положения клеточной теории

1. Клетка является структурно-функциональной единицей, а также единицей развития всех живых организмов.

2. Клетке присущ мембранный принцип строения.

3. Ядро — главная составная часть клетки.

4. Клетки размножаются только делением.

5. Клеточное строение организмов — свидетельство того, что растения и животные имеют единое происхождение.

Раздел 3

Размножение и индивидуальное развитие организмов

Глава 12

Размножение организмов

§ 30. Бесполое размножение

Вопрос 1. Какие основные способы размножения вам известны?

Все известные формы размножения могут быть объединены в два типа: половое и бесполое.

Вопрос 2. Что такое бесполое размножение? Какой процесс лежит в его основе?

Бесполое размножение **— размножение, при котором наследственная преемственность поколений и увеличение численности особей обеспечивается неполовыми клетками тела. В основе всех форм бесполого размножения лежит митоз, и вследствие этого все потомство при бесполом размножении будет генетически сходным с материнским.**

Вопрос 3. У каких организмов встречается бесполое размножение?

Вопрос 4. Какие формы бесполого размножения вам известны? Приведите примеры.

Существует несколько форм бесполого размножения.

1. ***Простое митотическое деление.*** Многие одноклеточные — простейшие (амебы, эвглена зеленая и др.) и водоросли (хламидомонада) размножаются простым делением надвое.

2. ***Спорообразование.*** Заключается в том, что клетка распадается на большое число особей, равное количеству ядер, заранее образованных в родительской клетке в результате многократного митотического деления ядра. Так размножается, например, малярийный плазмодий.

3. ***Почкование.*** На материнской клетке образуется небольшой бугорок, содержащий ядро, — почка. Она растет и, достигая материнских размеров, отделяется. Так размножаются дрожжи и сосущие инфузории. У многоклеточных организмов (пресноводная гидра) почкование заключается в выделении группы клеток из обоих слоев стеки тела.

4. ***Вегетативное размножение.*** Осуществляется за счет развития полноценного нового организма из части материнского организма. Например, развитие нового растения фиалки из одного ее листа.

Вопрос 5. Почему при бесполом размножении потомки генетически сходны между собой и с родительской особью?

При любых формах бесполого размножения все потомки имеют набор генов, сходный с материнским. В интерфазе митоза происходит абсолютно точное удвоение генетического материала, в результате которого при делении каждая из дочерних клеток получает одинаковую наследственную информацию. Поскольку все соматические клетки в организме возникают путем митоза, а именно из них возникает новый организм при бесполом размножении, то все потомки при бесполом размножении являются генетически сходными.

§ 31. Половое размножение. Развитие половых клеток

Вопрос 1. Чем половое размножение отличается от бесполого?

Половое размножение **— это размножение, при котором наследственная преемственность поколений и увеличение численности обеспечивается половыми клетками — гаметами, в отличие от бесполого, при котором все дочерние организмы являются потомками соматических клеток.**

Вопрос 2. *Укажите отличия мейоза от митоза.*

	Митоз
Интерфаза	Происходит редупликация ДНК; формула клетки становится $2n4c$
Профаза	Спирализация ДНК; формула клетки $2n4c$ (хромосомы двухроматидные)
Метафаза	По экватору клетки выстраиваются хромосомы; формула клетки $2n4c$ (хромосомы двухроматидные)
Анафаза	К разным полюсам клетки расходятся дочерние хромосомы (бывшие сестринские хроматиды); формула клетки $2n2c + 2n2c = 4n4c$ (хромосомы однохроматидные)

Мейоз	
I мейотическое деление	**II мейотическое деление**
Происходит редупликация ДНК; формула клетки становится $2n4c$	Редупликации ДНК не происходит. Идет репаративный (восстановительный) синтез ДНК, направленный на ликвидацию нарушений структуры, возникающих при кроссинговере
Спирализация ДНК; формула клетки $2n4c$ (хромосомы двухроматидные). Гомологичные хромосомы конъюгируют, в результате чего образуются биваленты. Между конъюгированными хромосомами происходит обмен гомологичными участками	Спирализация ДНК; формула клетки $1n2c$ (хромосомы двухроматидные)
По экватору клетки выстраиваются биваленты; формула клетки $2n4c$ (хромосомы двухроматидные)	По экватору клетки выстраиваются хромосомы; формула клетки $1n2c$ (хромосомы двухроматидные)
К разным полюсам клетки расходятся гомологичные хромосомы; формула клетки $1n2c + 1n2c = 2n4c$ (хромосомы двухроматидные)	К разным полюсам клетки расходятся дочерние хромосомы (бывшие сестринские хроматиды); формула клетки $1n1c + 1n1c = 2n2c$ (хромосомы однохроматидные)

	Митоз
Телофаза	Группы дочерних хромосом достигают полюсов. Происходит реконструкция ядер; формула каждого ядра $2n2c$ (хромосомы однохроматидные)
Цитокинез	Разделение цитоплазмы между дочерними клетками в большинстве случаев равномерное

Биологический смысл мейоза заключается в образовании гаплоидных половых клеток, при слиянии которых в зиготе происходит восстановление диплоидного набора, характерного для особи данного вида. Таким образом, поддерживается постоянство кариотипа в ряду поколений каждого вида. Митоз же обеспечивает точное и равномерное распределение наследственного материала между двумя дочерними клетками, при котором каждая из них получает наследственную

Мейоз	
I мейотическое деление	**II мейотическое деление**
Группы гомологичных хромосом достигают полюсов. Происходит реконструкция ядер; формула каждого ядра $1n2c$ (хромосомы двухроматидные)	Группы дочерних хромосом достигают полюсов. Происходит реконструкция ядер; формула каждого ядра $1n1c$ (хромосомы однохроматидные)
Разделение цитоплазмы между дочерними клетками при сперматогенезе равномерное, а при овогенезе неравномерное	Разделение цитоплазмы между дочерними клетками при сперматогенезе равномерное, а при овогенезе неравномерное

информацию, идентичную материнской.

Вопрос 3. Почему зрелые половые клетки одного организма несут разные комбинации генов?

Различная комбинация генов в половых клетках одного организма объясняется явлением перекомбинации генов в ходе процесса кроссинговера — обмена гомологичными участками хромосом в профазе I первого мейотического деления. Кроме этого, увеличение количества комбина-

ций обусловлено независимым расхождением гомологичных хромосом в анафазе I и хромосом в анафазе II. Так, например, у человека возможно 2^{46} комбинаций генов в половых клетках.

Вопрос 4. Чем отличается яйцеклетка от сперматозоида?

Вопрос 5. В чем заключаются функции мужской и женской половых клеток?

Яйцеклетки представляют собой самые крупные клетки, так как на них лежит задача обеспечения развития зародыша. Во время развития яйцеклетки она многократно увеличивается в размерах, у птиц, например, в миллионы раз. Во время роста будущей яйцеклетки в ее цитоплазме накапливается большое количество желтка. Он представляет собой запас жиров, белков и витаминов, обеспечивает питание развивающегося зародыша. Кроме обеспечения питания зародыша, яйцеклетка поставляет будущему организму половину наследственной информации.

Для животных, развитие которых происходит в наземных условиях, характерно образование зародышевых и яйцевых оболочек, защищающих развивающийся организм от иссушения и механических повреждений.

В целом же функциями яйцеклетки являются поставка наследственного материала и обеспечение развития зародыша.

При образовании мужских половых клеток — сперматозоидов увеличения размеров клетки практически не происходит. Не запасаются в нем и питательные вещества. Однако для решения поставленных перед ним задач — доставки в яйцеклетку наследственного материала и стимуляции ее к развитию клетке приходится значительно преобразовываться. Из округлой клетки, завершившей второе мейотическое деление, возникает сперматозоид, имеющий весьма специфические черты. Клетка вытягивается: формируется головка, содержащая ядро, на ее переднем конце образуется крупная лизосома — видоизмененный аппарат Гольджи, содержащий набор специфических ферментов для проникновения через оболочки яйца. За головкой располагается шейка, несущая митохондрии (дающие энергию для движения), а затем хвост — жгутик. Жгутик сперматозоида обеспечивает доставку наследственного материала сперматозоида в яйцеклетку при оплодотворении.

Глава 13

Индивидуальное развитие организмов (онтогенез)

§ 32. Эмбриональный период развития

Вопрос 1. Что такое зигота?

Зигота (от греч. *«зиготос»* — соединенный вместе) — оплодотворенное яйцо. Диплоидная клетка, образовавшаяся в результате слияния гамет (сперматозоида и яйцеклетки), — это начальная одноклеточная стадия развития зародыша.

Вопрос 2. Каким путем возникают новые клетки при дроблении?

Вопрос 3. Чем дробление отличается от митотического деления клеток взрослых животных?

Дробление — это процесс образования однослойного многоклеточного зародыша бластулы.

В результате дробления образуется многоклеточный однослойный зародыш — бластула, которая имеет первичную полость тела — бластоцель.

В процессе дробления клетки делятся путем митоза. Митотическое деление при дроблении значительно отличается от

размножения клеток взрослого организма: митотический цикл очень короткий, клетки не дифференцируются — в них не используется наследственная информация. Кроме этого, при дроблении цитоплазма клеток не перемешивается и не перемещается; отсутствует рост клеток.

Вопрос 4. Что такое зародышевые листки?

Зародышевые листки — это первые ткани зародыша — отдельные пласты клеток, занимающие в зародыше определенное место и дающие начало определенным органам. Они гомологичны у всех животных, т. е. вне зависимости от систематического положения животного дают развитие одним и тем же органам и тканям.

Вопрос 5. Что такое дифференцировка клеток в процессе эмбрионального развития?

Дифференцировка, или *дифференцирование*, — это процесс возникновения и нарастания структурных и функциональных различий между отдельными клетками и частями зародыша. С морфологической точки зрения дифференцировка выражается образованием нескольких сотен типов клеток специфического строения, отличающихся друг от друга. Из неспециализированных клеток бластулы посте-

пенно возникают клетки эпителия кожи, эпителия кишечника, легких, появляются нервные, мышечные клетки. С биохимической точки зрения специализация заключается в способности синтезировать белки, свойственные только данному типу клеток.

Вопрос 6. Что такое гомология зародышевых листков?

Изучение эмбрионального развития животных самых разных классов и уровней сложности показало, что одни и те же зародышевые листки дают начало сходным производным. Это явление, при котором у разных видов животных одни и те же зародышевые листки дают начало одним и тем же органам и тканям, получило название *гомологии зародышевых листков*. Гомология зародышевых листков подавляющего большинства животных — одно из доказательств единства животного мира.

§ 33. Постэмбриональный период развития

Вопрос 1. Какое развитие называют постэмбриональным?

Постэмбриональное развитие осуществляется с момента рождения или выхода из яйцевых оболочек до смерти. Под-

разделяется на три периода: дорепродуктивный, репродуктивный и пострепродуктивный.

Вопрос 2. Что такое прямое и непрямое постэмбриональное развитие? Приведите примеры.

Постэмбриональное развитие осуществляется с момента рождения или выхода из яйцевых оболочек до смерти.

Постэмбриональное развитие может быть прямым или непрямым.

При *прямом развитии* яйцевые оболочки или тело матери покидает организм, имеющий закладки всех органов, характерных для взрослых животных, и не имеющий отсутствующих у взрослых животных личиночных органов.

Дорепродуктивный период заключается в основном в росте и завершается периодом полового созревания. У человека для женских особей — в 12—14 лет, для мужских — в 14—16 лет. Половое созревание проявляется в активизации деятельности половых желез, начале гаметогенеза и более ярком проявлении вторичных половых признаков.

Репродуктивный период характеризуется завершением роста, активной репродукцией. Физические возможности организма по освоению среды обитания проявляются наиболее ярко. Расцветают интел-

лектуальные, эмоциональные и другие способности. Период завершается климаксом, характеризующимся снижением активности половых желез, завершением гаметогенеза, снижением физических возможностей организма.

Пострепродуктивный период (для человека после 50—55 лет у женщин, в 60—65 лет у мужчин) характеризуется снижением физических возможностей организма, часто отрицательной динамикой массы тела. Завершается смертью.

При *непрямом развитии* из яйцевых оболочек выходит личинка, как правило, устроенная проще взрослого животного.

Дорепродуктивный период включает личиночную стадию и часто заканчивается метаморфозом. Личинка имеет специальные личиночные органы и, как правило, не имеет некоторых органов, свойственных взрослым формам.

Метаморфоз может быть полным и неполным. При неполном метаморфозе замена личиночных органов на органы взрослых животных происходит постепенно, без прекращения активного перемещения и питания организма, например у головастика — личиночной формы лягушки.

При полном метаморфозе личинка прекращает активно перемещаться в среде

обитания и добывать себе пищу. Она образует куколку, в которой происходит метаморфоз, т. е. замена личиночных органов на органы взрослого организма, как это наблюдается у бабочек.

После завершения превращения у позвоночных происходит рост и половое созревание. У беспозвоночных после завершения метаморфоза наступает репродуктивный период, быстро завершающийся смертью.

Вопрос 3. В чем заключается биологическое значение метаморфоза?

Биологическое значение развития с метаморфозом заключается в том, что:

— личинка самостоятельно растет, накапливая клеточный материал для дальнейших превращений. В результате снижаются затраты материнского организма на развитие каждого потомка, что позволяет увеличить численность потомства;

— личиночные формы и взрослые организмы, как правило, обитают в разных условиях среды и используют разные источники питания, что снижает интенсивность борьбы за существование между молодыми и зрелыми формами;

— свободноживущие личинки прикрепленных или паразитических форм способствуют расселению вида.

Вопрос 4. Назовите животных, у которых личинки имеют черты строения, свойственные предкам этих животных.

Личинки амфибий — головастики, имеют жаберные щели, боковую линию, двухкамерное сердце и один круг кровообращения. Все эти черты строения характерны для предков амфибий — рыб.

§ 34. Общие закономерности развития. Биогенетический закон

Вопрос 1. Приведите примеры сходства черт строения у зародышей разных классов позвоночных животных.

У всех позвоночных животных, включая высших их представителей, закладывается хорда, которая в дальнейшем замещается позвоночником. В ходе эмбрионального развития позвоночных в глотке закладываются жаберные щели и соответствующие им перегородки, однако у рептилий, птиц и млекопитающих они не развиваются в жабры. Факт закладки жаберного аппарата у зародышей наземных позвоночных объясняется их происхождением от рыбообразных предков, дышавших жабрами.

Строение сердца человеческого зародыша в ранний период формирования напоминает строение этого органа у рыб, а

именно оно имеет одно предсердие и один желудочек. У беззубых китов в эмбриональном периоде закладываются зубы. Впоследствии они разрушаются и рассасываются.

Вопрос 2. Что такое эмбриональная дивергенция?

На ранних стадиях развития зародыши животных, относящихся к одному типу, очень похожи. Сходство зародышей свидетельствует об общности их происхождения. В дальнейшем в строении зародышей проявляются признаки класса, рода, вида и, наконец, признаки, характерные для данной особи.

Расхождение признаков у зародышей различных организмов в процессе раннего индивидуального развития называется *эмбриональной дивергенцией*, которая определяется историей развития данного вида и эволюцией той или иной систематической группы животных.

Вопрос 3. Объясните, почему у эмбрионов современных животных возникают черты строения, свойственные их далеким предкам.

Это явление объясняется биогенетическим законом Мюллера—Геккеля:

Онтогенез — индивидуальное развитие каждой особи — есть краткое и быстрое

повторение филогенеза (исторического развития) вида, к которому эта особь относится.

Поэтому у всех позвоночных животных, включая высших их представителей, закладывается хорда, которая в дальнейшем замещается позвоночником. В ходе эмбрионального развития позвоночных в глотке закладываются жаберные щели и соответствующие им перегородки, однако у рептилий, птиц и млекопитающих они не развиваются в жабры. Факт закладки жаберного аппарата у зародышей наземных позвоночных объясняется их происхождением от рыбообразных предков, дышавших жабрами.

Вопрос 4. В чем суть биогенетического закона Мюллера—Геккеля?

Биогенетический закон Мюллера—Геккеля

Онтогенез — индивидуальное развитие каждой особи есть краткое и быстрое повторение филогенеза (исторического развития) вида, к которому эта особь относится.

Биогенетический закон сыграл выдающуюся роль в развитии эволюционных идей. С течением времени трудами мно-

гих ученых он подвергался дальнейшей разработке.

Особенно велик вклад в углубление представлений об эволюционной роли эмбриональных преобразований А. Н. Северцова. Он установил, что в индивидуальном развитии повторяются признаки не взрослых предков, а их зародышей. Например, у зародышей птиц и млекопитающих закладываются жаберные щели. Их строение сходно со строением жаберных щелей зародышей рыб, а не жабр взрослых рыб.

В ряде случаев изменения, отличающие строение взрослых организмов от строения предков, появляются в эмбриональном периоде. Иногда эти изменения накладываются на уже законченный в общем процесс формирования органа, удлиняя его развитие. Так развивается крыло птицы — путем преобразования почти сформированного зачатка роговой чешуи рептилий.

В некоторых случаях изменения возникают на средних стадиях развития органов.

Преобразования могут затронуть и сам зачаток органа, тогда развитие пойдет по пути, отличному от развития зачатка у предков. Так, в процессе формирования волос млекопитающих полностью выпада-

ет стадия образования чешуи, как это было у их предков — рыб и рептилий. Выпадают присущие предкам стадии также при закладке позвонков у змей, зубов у млекопитающих и т. д. В случае отклонения от стадий развития предков или изменения самих зачатков биогенетический закон не соблюдается и признаки предков не повторяются.

Таким образом, в основе филогенеза лежат изменения, происходящие в онтогенезе отдельных особей.

Раздел 4

Наследственность и изменчивость организмов

Глава 14

Закономерности наследования признаков

§ 35. Основные понятия генетики

Вопрос 1. Дайте определение понятия «ген».

Ген — участок молекулы ДНК, последовательность нуклеотидов которого несет информацию о структуре одной белковой молекулы (одного полипептида).

Если вспомнить, что каждой аминокислоте в белковой молекуле соответствуют три определенно расположенных друг за другом нуклеотида, то определение гена станет выглядеть иначе. *Ген* — это участок молекулы ДНК, или хромосомы, последовательность кодонов (триплетов) которого обусловливает порядок аминокислот в полипептиде. Сейчас мы изучаем генетику и уже знаем, что наличие опре-

деленного гена у организма еще не означает присутствия признака у данной особи. Признак, обусловленный каким-либо геном, может и не развиваться. Действительно, возможность проявления генов в виде признаков в значительной степени зависит от условий внешней среды. Поэтому, с формально-генетических позиций, понятие гена может выглядеть таким образом: *ген* — это участок молекулы ДНК или хромосомы, который может обусловить появление признака.

Вопрос 2. Что такое аллельные гены?

Аллельными называются гены, расположенные в одних и тех локусах гомологичных хромосом и ответственные за развитие одного и того же признака.

Вспомним, что каждый организм получает по одной хромосоме в каждой паре как от отца, так и от матери. Эти парные хромосомы называются гомологичными; они абсолютно одинаковы по строению и составу генов. Гены, расположенные в одних местах гомологичных хромосом и отвечающие за один признак, например за цвет глаз, носят название *аллельных*.

Вопрос 3. Дайте определение понятия «генотип».

Генотип можно определить как систему взаимодействующих генов организма.

Вопрос 4. Что такое признак? Какие бывают признаки? Приведите примеры признаков на различных уровнях организации.

Признаком можно назвать любую особенность строения организма на любом уровне его организации (за исключением структуры молекулы ДНК).

В генетике принято считать *элементарным признаком* последовательность аминокислот в одной полипептидной молекуле.

На молекулярном уровне более сложным *признаком* является структура одной белковой молекулы. Например, гемоглобина, характерного для данного организма и состоящего из двух α-цепей и двух β-цепей.

На клеточном уровне *признаком* можно считать характерные особенности строения клеток организма, например, эритроцитов.

На уровне ткани *признаком* является, например, строение коры головного мозга. На организационном уровне примером признака может служить строение любого органа, например конечностей и др.

Вопрос 5. Что такое фенотип и чем он отличается от генотипа?

Генотип представляет собой совокупность всех взаимодействующих генов данного организма.

Фенотипом принято называть совокупность всех признаков и свойств данного организма в данный конкретный момент времени.

С течением времени меняется и набор признаков и свойств. Человек растет, взрослеет, мужает, стареет... В смене фенотипов в течение жизни и заключается индивидуальное развитие организма — онтогенез. Смена фенотипов в течение жизни организма обусловлена, в свою очередь, реализацией отдельных программ генотипа: программы детства, программы зрелости и т .д.

§ 36. Гибридологический метод изучения наследования признаков Г. Менделя

Вопрос 1. Кто был первооткрывателем закономерностей наследования признаков?

Вопрос 2. На каких растениях проводил опыты Г. Мендель?

Вопрос 3. Благодаря каким приемам Г. Менделю удалось вскрыть законы наследования признаков?

Первые попытки экспериментального решения проблем, связанных с передачей признаков из поколения в поколение, предпринимались уже в XVIII в. Ученые, скрещивая между собой различающиеся особи и получая помесное потомство,

стремились узнать, как наследуются родительские свойства. Однако неверный методический подход — одновременное изучение большого количества признаков — приводил к невозможности выявить какие-либо закономерности.

Многие ботаники путем скрещивания родительских форм, обладающих разными вариантами одного и того же признака, пытались выявить механизмы наследования. Однако честь открытия количественных закономерностей наследования признаков принадлежит чешскому ботанику-любителю Грегору Менделю (1822—1884). Первое, на что обратил внимание ученый, — это выбор объекта исследования. Для своих опытов Мендель взял горох. Основанием для такого выбора было то, что эти растения относительно просто разводить и они имеют короткий период развития. Кроме того, в распоряжении Менделя были сорта, четко отличавшиеся друг от друга по целому ряду признаков. Одним из самых существенных моментов во всей работе было определение числа признаков, по которым должны различаться скрещиваемые растения. Мендель впервые осознал, что, начав с самого простого случая — различия родителей по одному-единственному признаку и постепенно усложняя задачу, можно на-

деяться распутать весь клубок закономерностей наследования признаков. Здесь с особой силой выявилась строгая математичность его мышления. Именно такой подход к постановке опытов позволил Менделю четко планировать дальнейшее усложнение экспериментов. В этом отношении Мендель стоял выше всех современных ему биологов.

Другой важной особенностью его исследований было то, что он выбрал для экспериментов организмы, относящиеся к чистым линиям, т. е. таким растениям, в ряду поколений которых при самоопылении не наблюдалось расщепления по изучаемому признаку. Не менее важно и то, что он наблюдал за наследованием альтернативных, т. е. взаимоисключающих, контрастных признаков. Например, цветки у одного растения были пурпурными, у другого — белыми, рост растения высокий или низкий и т. д.

§ 37. Законы Менделя

Вопрос 1. Что такое гибридизация?

Вопрос 2. Какое скрещивание называют моногибридным?

Скрещивание двух организмов называют *гибридизацией.*

Моногибридным называют скрещивание двух организмов, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (взаимоисключающих) признаков.

Вопрос 3. Какое явление носит название доминирования?

Вопрос 4. Какой признак называют доминантным и какой — рецессивным?

Преобладание у гибрида признака одного из родителей называется *доминированием*.

Признак, проявляющийся у гибрида первого поколения и подавляющий развитие другого признака, был назван *доминантным*, противоположный, т. е. подавляемый, признак — *рецессивным*. Доминантный признак принято обозначать прописной буквой, например *A*, рецессивный — строчной — *a*.

Доминантный ген проявляется в виде признака как в гомозиготном (*AA*), так и в гетерозиготном (*Aa*) организмах, а рецессивный — только в гомозиготном (*aa*).

Вопрос 5. Расскажите об опытах Менделя по моногибридному скрещиванию растений гороха.

Моногибридным называют скрещивание двух организмов, отличающихся

друг от друга по одной паре взаимоисключающих — альтернативных признаков.

При таком скрещивании прослеживаются закономерности наследования только двух вариантов одного и того же признака, развитие которых обусловлено парой аллельных генов. Например, признак — цвет семян. Взаимоисключающие варианты — желтый или зеленый. Все остальные признаки, свойственные данным организмам, во внимание не принимаются. Если скрестить растения гороха с желтыми и зелеными семенами, то у всех полученных в результате этого скрещивания потомков семена будут желтыми. Если скрещивать растения, которые различаются гладкой и морщинистой формой семян, то у гибридов семена будут гладкими. Следовательно, у гибридов первого поколения из каждой пары альтернативных признаков проявляется только один. Г. Мендель использовал в своих опытах растения, относящиеся к разным чистым линиям, потомки которых в длинном ряду поколений были сходны с родителями. Следовательно, у этих растений оба аллельных гена одинаковы и они являлись гомозиготными организмами. В проведении своих опытов Г. Мендель следовал следующим принципам:

1) выбрал всего один признак, по которому проводил свое исследование, что значительно упростило задачу;

2) работал с растениями, относящимися к чистой линии, в ряду поколений которых при самоопылении не наблюдалось расщепления по данному признаку;

3) изучал наследование альтернативных, т. е. взаимоисключающих признаков;

4) использовал в своих исследованиях точные математические методы.

Вопрос 6. Какой организм называют гомозиготным? гетерозиготным?

Строго говоря, *гомозиготный организм* — это организм, у которого в одних и тех же локусах гомологичных хромосом лежат одинаковые по последовательности нуклеотидов аллельные гены. Однако, учитывая избыточность генетического кода, *гомозиготными* могут быть названы организмы, у которых оба аллельных гена имеют одинаковое проявление в виде признака.

Гетерозиготный организм — это организм, у которого в одних и тех же локусах гомологичных хромосом лежат разные по последовательности нуклеотидов аллельные гены, имеющие к тому же различные формы проявления признака.

Вопрос 7. Сформулируйте первый закон Менделя.

Первый закон Менделя — закон единообразия первого поколения (закон доминирования)

При скрещивании двух организмов, относящихся к разным чистым линиям (т. е. двух гомозиготных организмов), отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (взаимоисключающих) признаков, все первое поколение гибридов F_1 окажется единообразным и будет нести признак одного из родителей. Этот признак получил название доминантного.

Вопрос 8. Что такое неполное доминирование? Приведите примеры.

В гетерозиготном организме доминантный ген не всегда подавляет проявление рецессивного гена. В ряде случаев гибрид первого поколения F_1 не воспроизводит полностью ни одного из вариантов родительских признаков, и выраженность признака носит промежуточный характер. Такое явление называют *неполным доминирование*. Так, при скрещивании растений ночной красавицы с красной окраской цветов с растениями, имеющими белые цветки, все потомки F_1 обладают розовой окраской венчика.

Вопрос 9. Сформулируйте второй закон Менделя.

Второй закон Менделя

При скрещивании двух гетерозиготных особей — потомков первого поколения F_1 между собой во втором поколении F_2 будет наблюдаться расщепление по фенотипу 3 : 1, по генотипу 1 : 2 : 1, т. е. по фенотипу три четверти потомства будет носить доминантный признак, а одна четверть потомства окажется рецессивной. По генотипу 25% потомства будут гомозиготными по доминантному гену, 50% — гетерозиготными, а 25% — гомозиготными по рецессивному гену.

Вопрос 10. Что такое «чистота гамет»?

Вопрос 11. На каком явлении основан закон частоты гамет?

Наследственные факторы при образовании гибридов не смешиваются, а сохраняются в неизменном виде. Половые клетки содержат только один наследственный фактор из аллельной пары.

Закон частоты гамет

Гаметы генетически чисты, так как в них находится только один ген из каждой аллельной пары.

Цитологической основой закона чистоты гамет служит поведение хромосом в мейозе. В профазе первого мейотического деления гомологичные хромосомы конъюгируют, в результате чего образуются биваленты. Это решающий шаг к расхождению гомологов в анафазе I в разные клетки. Завершение первого мейотического деления приводит к образованию гаплоидных клеток. Однако их еще нельзя считать чистыми гаметами, так как их формула $1n2c$. Хромосомы, хотя и в одинарном наборе являются двухроматидными и могут содержать (в результате кроссинговера, произошедшего в профазе I) разные варианты аллельных генов. Поэтому для истинной чистоты должно произойти второе мейотическое деление. В анафазе II дочерние хромосомы, несущие только по одному аллелю каждого гена, окажутся в разных клетках.

Таким образом, генетическую чистоту гамет обеспечивают три события: образование бивалентов, независимое расхождение гомологичных хромосом из бивалентов в разные клетки в первом делении мейоза и независимое расхождение дочерних хромосом (бывших сестринских хроматид) во втором мейотическом делении.

Вопрос 12. Сформулируйте третий закон Менделя.

Третий закон Менделя — закон независимого комбинирования признаков

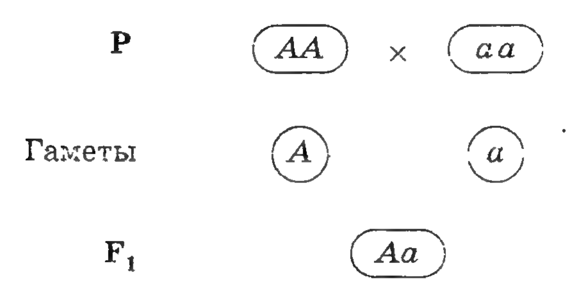
При скрещивании двух гомозиготных организмов, отличающихся друг от друга по двум или более парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

Закон независимого комбинирования справедлив для аллельных пар, расположенных в разных гомологичных хромосомах. При дигибридном скрещивании во втором поколении гибридов будет наблюдаться расщепление по фенотипу в соотношении 9 : 3 : 3 : 1, т. е. 9/16 потомства будут нести оба доминантных признака, 3/16 потомства — один доминантный, а второй рецессивный, 3/16 потомства будет рецессивным по первому и доминантным по второму признакам и 1/16 должна оказаться рецессивной по обоим признакам.

Вопрос 13. Что такое анализирующее скрещивание?

Анализирующее скрещивание проводится с целью определения генотипа осо-

би с доминантным фенотипом, так как он может быть как гомозиготным (*AA*), так и гетерозиготным (*Aa*). Для этого исследуемый организм скрещивают с особью, генотип которой очевиден (гомозиготный по рецессивному признаку организм). Если исследуемый организм гомозиготен, то потомки будут единообразны.



Если исследуемая особь гетерозиготна, то расщепление будет идти 1 : 1 по фенотипу.

P *AA* × *aa*

Гаметы *A* *a* *a*

F_1 *Aa* *aa*

1 : 1

§ 38. Сцепленное наследование генов

Вопрос 1. Для каких пар аллельных генов справедлив третий закон Менделя? При каком расположении различных пар аллельных генов он «не работает»?

Закон независимого комбинирования справедлив для аллельных пар, расположенных в негомологичных хромосомах.

Закон не работает при расположении пар аллельных генов в одной и той же хромосоме.

Вопрос 2. Что такое сцепленное наследование?

Явление совместного наследования генов, локализованных в одной хромосоме, называется *сцепленным наследованием*, а локализация генов в одной хромосоме — *сцеплением генов*.

Сцепленное наследование генов, локализованных в одной хромосоме, называют законом Моргана. Явление, при котором гены, расположенные в одной хромосоме, всегда наследуются совместно, называют *полным сцеплением*. Это возможно, если гены расположены в одной хромосоме непосредственно друг за другом и кроссинговер между ними практически невероятен. Если гены расположены в хромосоме на некотором расстоянии друг от

друга, то вероятность кроссинговера между ними повышается. В результате кроссинговера сцепление может нарушаться, и возникают гаметы с перекомбинированными генами. Такое *сцепление* генов называется *неполным*.

Вопрос 3. Что такое группы сцепления? Сколько таких групп у человека?

Все гены, входящие в одну хромосому, передаются по наследству совместно и составляют группу сцепления. Поскольку гомологичные хромосомы несут аллельные гены, отвечающие за развитие одних и тех же признаков, то в группу сцепления включают обе гомологичные хромосомы. Таким образом, количество групп сцепления соответствует числу хромосом в гаплоидном наборе. Например, у человека $2n = 46$ хромосомам — 23 группы сцепления, у дрозофилы $2n = 8$ хромосомам — 4 группы сцепления.

Вопрос 4. Какие процессы могут нарушать сцепление генов?

Причиной нарушения сцепления генов служит кроссинговер — перекрест хромосом в профазе I-го мейотического деления. Чем дальше друг от друга гены расположены в хромосоме, тем выше вероятность перекреста между ними и тем боль-

ше процент гамет с перекомбинированными генами, а следовательно, и больше особей в потомстве, отличных от родителей. За единицу расстояния между генами в одной хромосоме принят 1% кроссинговера, названный 1 морганидой.

§ 39. Генетика пола. Наследование признаков, сцепленных с полом

Вопрос 1. Какие хромосомы называют половыми?

Хромосомы, которыми мужской и женский пол отличаются друг от друга, называют *половыми*, или гетерохромосомами. Половые хромосомы у женщин одинаковые, их называют X-хромосомами. У мужчин имеется одна X- и одна Y-хромосома.

Определение пола будущего организма происходит в момент оплодотворения и определяется сочетанием половых хромосом в зиготе.

Вопрос 2. Какой пол называют гомогаметным, а какой гетерогаметным? Приведите примеры.

Гомогаметный пол обладает двумя одинаковыми половыми хромосомами и обозначается как XX. При образовании половых клеток — гамет в каждую из них, следовательно, попадает одна и та же половая хромосома X. У млекопитающих, в

том числе и у человека, а также у некоторых членистоногих (в частности, дрозофил) гомогаметным является женский пол. Напротив, у рептилий, птиц, бабочек гомогаметен мужской пол.

Гетерогаметный пол имеет две различные половые хромосомы XY и образует половые клетки двух типов. Гетерогаметным является мужской пол у млекопитающих (включая человека) и некоторых членистоногих (дрозофилы) и женский пол у рептилий, птиц, бабочек.

Вопрос 3. Что такое сцепление генов с полом? Приведите примеры наследования гена, сцепленного с полом.

Гены, расположенные в половых хромосомах, называют *сцепленными с полом*. В половых хромосомах имеются гены, определяющие половую принадлежность организма, а также наследственные факторы, не имеющие отношения к половым признакам. Например, гены цветового зрения, свертываемости крови и др. Так, в X-хромосоме человека расположен ген, отвечающий за свертываемость крови — H. Его рецессивная аллель h вызывает тяжелое заболевание — гемофилию. В той же хромосоме X находится ген, обусловливающий невосприятие красного и зеленого цветов — дальтонизм.

Например: D — нормальное зрение.
d — дальтонизм

P	X^DX^d	×	X^DY	
Гаметы	X^D	X^d	X^D	Y
F_1	X^DX^d	X^DY	X^dX^D	X^dY

нормальное зрение дальтонизм

Или наследование гемофилии: где H — нормальная свертываемость крови, h — гемофилия.

P	X^HX^h	×	X^HY	
Гаметы	X^H	X^h	X^H	Y
F_1	X^HX^H	X^HX^h	X^HY	X^hY

нормальная свертываемость гемофилия

(Организмы с генотипом X^hX^h не являются жизнеспособными и чаще всего погибают внутриутробно.)

Вопрос 4. Почему проявляются в виде признака рецессивные гены, локализованные в Х-хромо-

соме человека? Приведите примеры доминантных и рецессивных признаков у человека.

В отличие от генов, локализованных в аутосомах, при сцеплении с полом может проявиться и рецессивный ген, имеющийся в генотипе в единственном числе. Это происходит в тех случаях, когда рецессивный ген, сцепленный с X-хромосомой, попадает в гетерогаметный организм.

Например: X^hY — гемофилия, X^dY — дальтонизм.

У человека доминантными признаками являются карий цвет глаз, темный цвет волос, курчавые волосы. А рецессивными — светлые прямые волосы, голубые или серые глаза.

§ 40. Взаимодействие генов

Вопрос 1. Какие из исследованных Г. Менделем признаков гороха наследуются как доминантные?

Доминантными признаками у гороха являются:

1) форма семян — гладкая;
2) окраска семян — желтая;
3) положение цветков — пазушные цветки;
4) окраска цветков — красная;
5) длина стебля — длинные стебли;
6) форма стручка — простые бобы;
7) окраска стручка — зеленая.

Вопрос 2. Как гены влияют на проявление качественных признаков?

Проявление качественных признаков определяется взаимодействием как аллельных, так и неаллельных генов. Нам известно явление доминирования, при котором один аллельный ген полностью подавляет проявление другого. Так, у гороха в гетерозиготном организме (*Aa*) проявляется желтый цвет семян. При скрещивании черной морской свинки (*AA*) с белым животным у всех их потомков — гетерозигот (*Aa*) проявится доминантный признак, отсутствующий у белого родителя.

При неполном доминировании (вспомните растение ночную красавицу) организмы с генотипами *AA* имеют красную, *Aa* — розовую, а растения *aa* — белую окраску венчика цветка.

Вопрос 3. Чем определяются количественные признаки?

В развитии количественных признаков играет роль ***полимерия*** — явление, при котором несколько пар неаллельных генов участвует в развитии одного признака.

При этом количественные признаки определяются неаллельными генами, действующими на один и тот же признак или свойство. Чем больше в генотипе доми-

нантных генов, обусловливающих какой либо признак, тем ярче он выражается.

Вопрос 4. Приведите примеры влияния генов на проявление других, неаллельных генов.

1. ***Комплементарность*** — явление взаимодополнения генов из разных аллельных пар. Так, в образовании красной окраски цветков душистого горошка участвуют два гена: доминантный ген из одной аллельной пары (A) обусловливает синтез бесцветного предшественника пигмента — пропигмента; в другой аллельной паре доминантный ген (B) определяет синтез фермента, превращающего пропигмент в пурпурный пигмент. Следовательно, цветки душистого горошка окажутся окрашенными только в том случае, если в генотипе будут находиться доминантные гены из двух аллельных пар — $A_B_$. Во всех остальных случаях (A_bb или $aaB_$) венчики цветков останутся неокрашенными — белыми.

2. ***Эпистаз*** — явление, которое заключается в том, что один ген препятствует проявлению генов из другой аллельной пары. Чаще всего при этом эпистатическим (подавляющим) действием обладает доминантный ген из другой аллельной пары. Так, у тыквы ген A определяет желтую окраску плодов, а его рецессивный

аллель a — зеленую. Однако любая окраска разовьется лишь при отсутствии в генотипе гена B, препятствующего проявлению генов пары A. При генотипе A_bb плоды будут желтыми, у растений $aabb$ — зелеными, а генотип $A_B_$ и $aaB_$ дадут неокрашенные (белые) плоды.

3. ***Полимерия*** — явление, сущность которого заключается в том, что несколько пар неаллельных генов участвует в развитии одного признака. В этом случае, чем больше в генотипе доминантных аллелей из каждой аллельной пары, тем ярче выражен признак. Например, у человека цвет кожи зависит от четырех пар неаллельных генов. При генотипе $A_1A_1A_2A_2A_3A_3A_4A_4$ — пигментация кожи максимальная — 100% (негроидная раса), а у гомозигот $a_1a_1a_2a_2a_3a_3a_4a_4$ пигмент отсутствует — 0% пигментации (европеоидная раса). У мулатов 1-го поколения $A_1a_1A_2a_2A_3a_3A_4a_4$ количество пигмента окажется средним — 50%.

Вопрос 5. Охарактеризуйте форму взаимодействия неаллельных генов, при которой один ген способствует проявлению генов другой аллельной пары.

Подобное взаимодействие неаллельных генов носит название комплементарности. *Комплементарность* — явление взаимодополнения генов из разных аллельных

пар. Так, в образовании красной окраски цветков душистого горошка участвует пропигмент *A*, синтез которого определяется одним геном, и фермент *B*, превращающий пропигмент в алый пигмент, синтез которого обусловлен другим неаллельным геном (см. вопрос 4).

Вопрос 6. Каким образом гены одной аллельной пары могут препятствовать проявлению генов другой пары?

Эпистаз — явление, которое заключается в том, что ген препятствует проявлению генов из другой аллельной пары.

Доминантный эпистаз: эпистатическим действием обладает доминантный ген из другой аллельной пары.

Рецессивный эпистаз: эпистатическим действием обладает рецессивный ген из другой аллельной пары.

Чаще всего при этом эпистатическим (подавляющим) действием обладает доминантный ген из другой аллельной пары. Так, у тыквы ген *A* определяет желтую окраску плодов, а его рецессивный аллель *a* — зеленую. Однако любая окраска разовьется лишь при отсутствии в генотипе гена *B*, препятствующего проявлению генов пары *A*. При генотипе *A_bb* плоды будут желтыми, у растений *aabb* — зелеными, а генотип *A_B_* и *aaB_* дадут неокрашенные (белые) плоды.

Глава 15

Закономерности изменчивости

§ 41. Наследственная (генотипическая) изменчивость

Вопрос 1. Какие формы изменчивости вам известны?

Изменчивость — это способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства. Различают наследственную и ненаследственную изменчивость.

1. ***Наследственная***, или ***генотипическая изменчивость*** — способность организмов приобретать новые признаки и свойства в результате изменения структуры наследственного материала на всех уровнях организации от молекулярного до хромосомного, изменения числа хромосом в кариотипе, а также вследствие возникновения новых комбинаций генов.

2. ***Ненаследственная***, или ***модификационная (фенотипическая) изменчивость*** — способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства в результате непосредственного воздействия факторов среды на их развитие. При этом структура наследственного материала не подвергается изменениям. Да и по сути возникает видоизменение —

модификация, а не нечто принципиально новое.

Вопрос 2. Что такое мутация?

Мутация (от лат. *«мутацио»* — изменение, перемена) — естественно возникающие или вызванные искусственно (химическими веществами, радиацией, др. факторами) изменения наследственного материала организма (его генотипа).

Основные свойства мутаций:

1) мутации возникают внезапно, скачкообразно;

2) мутации наследственны, т. е. стойко передаются из поколения в поколение;

3) мутации случайны и ненаправленны — мутировать может любой ген, вызывая изменения как незначительных, так и жизненно важных признаков;

4) одни и те же мутации могут возникать повторно;

5) по своему проявлению мутации могут быть полезными и вредными, доминантными и рецессивными.

Вопрос 3. Какие структуры клетки перестраиваются при мутационной изменчивости? Дайте классификацию мутаций.

Изменения при мутационной изменчивости затрагивают субклеточные структуры — гены, хромосомы, кариотип.

По уровню изменений наследственного материала выделяют несколько видов мутаций.

1. ***Генные***, или точковые, мутации — изменения, обусловленные заменой, выпадением или вставкой одного или нескольких нуклеотидов в пределах одного гена. Они влекут за собой изменения структуры белков, заключающиеся в появлении новой последовательности аминокислот в полипептидной цепи.

2. ***Хромосомные*** мутации — изменение структуры хромосом. Эти мутации могут возникать вследствие утраты хромосомой своей части или приобретением нового, не характерного для нее, участка, что может привести организм к гибели.

3. ***Геномные*** мутации — изменения кариотипа, кратные хромосомному набору ($3n$, $4n$, $8n$, ...) и не кратные ($2n \pm 1$; $2n \pm 2$, ...) гаплоидному числу хромосом. Например, болезнь Дауна, обусловленная присутствием в кариотипе трех хромосом из 21-й пары.

Мутации могут происходить как в половых, так и в соматических клетках. Мутация, возникшая в половых клетках, не влияет на проявление признаков данного организма, а обнаруживается только в следующем поколении. Такие мутации называются генеративными. Если изменяются гены в соматических клетках,

то изменения проявляются у данного организма и не передаются потомству при половом размножении. Такие мутации называются соматическими.

Вопрос 4. Что такое полиплоидия?

Полиплоидия — это увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному набору.

Часто подобное явление встречается у простейших и растений. Полиплоидия позволяет повысить надежность генетической системы, уменьшает опасность снижения жизнеспособности в случае возникновения мутаций, повышает жизнеспособность, плодовитость и другие свойства. В растениеводстве этим пользуются, искусственно получая полиплоидные сорта культурных растений, которые отличаются высокой урожайностью и жизнестойкостью. Кроме выведения в растениеводстве более урожайных полиплоидных культур полиплоидия встречается в природе как способ видообразования. Например, числом хромосомных наборов отличаются некоторые виды дрозофил, хризантем, табака, картофеля.

Вопрос 5. Как можно вызвать увеличение частоты мутаций?

Частота мутаций резко возрастает при применении мутагенов (химические веще-

ства, рентгеновское излучение, ультрафиолет). Наряду с вредными, иногда возникают и полезные мутации. При применении таких веществ, как колхицин, возникает эффект полиплоидизации — умножения хромосомного набора, что иногда приводит к изменению признаков и свойств организма в сторону, полезную для человека. Искусственный мутагенез широко применяется в микробиологической промышленности и растениеводстве. При этом повышается количество особей, несущих различные признаки. Отбор, проводимый человеком, в этих условиях наиболее эффективен.

§ 42. Фенотипическая изменчивость

Вопрос 1. Как среда влияет на проявление признака? Приведите примеры.

Часто проявление гена в виде признака очень жестко связанно с условиями среды, в которых обитает организм.

Например, гималайские кролики, выросшие при низкой температуре окружающей среды, будут иметь черную окраску шерсти, а животные, взращенные при температуре +30 °С, — белую. Если у тех же кроликов выщипать участок шерсти и поместить их в среду с низкой температурой или положить на выщипанный учас-

ток холодную повязку, то вновь выросшая шерсть будет черной.

Водные растения — стрелолист и водяной лютик имеют различную форму листовой пластинки, находящейся над водой и в ее толще. Таким образом, на действие определенного фактора внешней среды каждый вид организмов реагирует специфически и реакция (изменение признака) оказывается сходной у всех особей данного вида.

Вопрос 2. Докажите на примерах ненаследуемость изменений признака, вызванных действием условий внешней среды.

Фенотипическая изменчивость — это способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства в результате непосредственного воздействия факторов среды на развитие признаков, не затрагивая генотип. Поэтому признаки и свойства, приобретенные таким образом, по наследству не передаются.

Например, у гималайских кроликов, выращенных при температуре +30 °C, вся шерсть будет белой. При этом у их потомства, выращенного в нормальных условиях, будет обычное распределение пигмента.

Другой пример касается собак. У некоторых пород в течение уже сотен лет ку-

пируют хвосты и уши, а вновь рожденные щенки имеют исходный внешний вид.

У человека благоприобретенные умения никак не сказываются на потомстве; к примеру, ни у одного культуриста не родился ребенок с мышечной массой, сходной с отцовской, и т. д.

Вопрос 3. Что такое норма реакции? От чего зависит ее широта?

Если рассматривать какой-либо признак в группе организмов, то можно заметить, что степень его выраженности неодинакова у разных организмов. Однако большинство особей будут обладать средними значениями изучаемого признака или свойства, и чем дальше отклонения от средней нормы, тем меньшее число особей будет обладать такими отличиями. Степень варьирования признака — пределы фенотипической изменчивости называются *нормой реакции*. Широта нормы реакции обусловлена генотипами особей данного вида и зависит от значения конкретного признака в жизнедеятельности организма.

Вопрос 4. Перечислите свойства фенотипической изменчивости.

Основные свойства фенотипической изменчивости:

1) изменения не наследуются, так как не затрагивают наследственный материал;

2) изменения направлены факторами окружающей среды, т. е. под действием одного и того же фактора всегда возникают изменения этого же признака в известную сторону;

3) изменения носят групповой характер, т. е. у всех представителей одного и того же вида под действием определенного фактора среды возникают сходные, однонаправленные изменения;

4) возможность и широта изменения того или иного признака под действием фактора среды обусловлена генотипом организма.

Глава 16

Селекция растений, животных и микроорганизмов

§ 43. Центры многообразия и происхождения культурных растений

Вопрос 1. Чем отличаются одомашненные животные и культурные растения от диких?

У культурных форм сильно развиты признаки и свойства, имеющие полезное

значение для человека и не несущие биологического смысла для вида. Например, у крупного рогатого скота количество молока, необходимого для выкармливания теленка, не превышает несколько сот литров. Многие искусственные формы лишены приспособлений для защиты в дикой природе и способности добывать себе корм.

Вопрос 2. Что служит предметом селекции?

Разработка теории и методов создания и совершенствования пород животных и сортов растений представляет предмет науки — *селекции*.

Вопрос 3. Какое значение для селекции имеет знание центров происхождения культурных растений?

Успех селекционной работы в основном зависит от генетического разнообразия исходной группы растений и животных. Генофонд существующих пород растений и животных менее разнообразен, чем генофонд исходного дикого вида. Поэтому для выведения новых сортов растений и пород животных очень важны поиск и выявление полезных признаков у их диких предков. Для этого необходимо знание районов их происхождения.

Вопрос 4. Какие центры происхождения культурных растений вам известны?

Центры происхождения культурных растений (по Н. И. Вавилову)

Название центра	Географическое положение	Культурные растения
Южноазиатский тропический	Тропическая Индия, Индокитай, Южный Китай, о-ва Юго-Восточной Азии	Рис, сахарный тростник, цитрусовые, огурец, баклажан, черный перец и др. (50% культурных растений)
Восточноазиатский	Центральный и Восточный Китай, Япония, Корея, Тайвань	Соя, просо, гречиха, плодовые и овощные культуры — слива, вишня, редька и др. (20% культурных растений)
Юго-западноазиатский	Малая Азия, Средняя Азия, Афганистан, Юго-Западная Индия	Пшеница, лен, рожь, бобовые культуры, конопля, репа, морковь, чеснок, виноград, абрикос, груша и др. (14% культурных растений)

Название центра	Географическое положение	Культурные растения
Средиземноморский	Страны по берегам Средиземного моря	Капуста, сахарная свекла, маслины, клевер, чечевица, кормовые травы (11% культурных растений)
Абиссинский	Абиссинское нагорье Африки	Твердая пшеница, ячмень, кофейное дерево, сорго, бананы
Центральноамериканский	Южная Мексика	Кукуруза, длинноволокнистый хлопчатник, какао, тыква, табак
Южноамериканский	Южная Америка вдоль западного побережья	Картофель, ананас, хинное дерево

§ 44. Методы селекции растений и животных

Вопрос 1. Что называют породой? сортом?

Породой **и** ***сортом*** **называют популяцию организмов, искусственно созданную человеком, характеризующуюся оп-**

ределенным генофондом, наследственно закрепленными морфологическими и физиологическими признаками, определенным уровнем продуктивности.

По многим группам генов породы животных и сорта культурных растений являются гомозиготными. При скрещивании друг с другом они не дают расщепления по данным признакам.

Вопрос 2. Какие основные методы селекции вы знаете?

Основными методами селекции являются *отбор* и *гибридизация*. Индивидуальный отбор сводится к выращиванию семей от отдельной особи. Такой отбор приводит к выведению чистой линии — группы генетически однородных (гомозиготных) особей. Для внесения в генофонд создаваемого сорта растений или породы животных ценных генов и получения оптимальных комбинаций применяют гибридизацию — скрещивание.

Вопрос 3. Что такое массовый отбор? индивидуальный отбор?

Массовый отбор — метод, при котором в посеве сохраняют только растения с нужными качествами. При повторном посеве снова отбирают растения с определенными признаками. Сорт, получаемый

этим способом, генетически не однороден, и отбор время от времени приходиться повторять.

Индивидуальный отбор сводится к выделению отдельных особей и получению от них потомства. Он приводит к получению чистой линии — группы генетически однородных гомозиготных организмов.

Вопрос 4. С какой целью в селекционной работе производится скрещивание?

Скрещивание в селекционной работе производится для внесения в генофонд создаваемого сорта растений или породы животных ценных генов и получения их оптимальных комбинаций.

Вопрос 5. Какие межвидовые гибриды вам известны?

Одним из достижений современной селекции является разработка способов преодоления бесплодия межвидовых гибридов. Впервые это удалось осуществить в начале 20-х гг. XX в. советскому генетику Г. Д. Карпеченко при скрещивании редьки и капусты. Впоследствии удалось получить гибрид пшеницы с пыреем и гибрид пшеницы с рожью — тритикале. Последний успешно сочетает ценные признаки ржи и пшеницы. В животном мире

широко известен гибрид лошади и осла — мул, однако преодолеть бесплодие межвидового гибрида в данном случае не удалось.

Вопрос 6. Какими особенностями отличаются полиплоидные сорта культурных растений?

Полиплоидия — увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному набору. Часто подобное явление встречается у простейших и растений. Полиплоидия позволяет повысить надежность генетической системы, уменьшает опасность снижения жизнеспособности в случае возникновения мутаций, повышает жизнеспособность, плодовитость и другие жизненные свойства. В растениеводстве этим пользуются, искусственно получая полиплоидные сорта культурных растений, которые отличаются высокой урожайностью и жизнестойкостью.

Вопрос 7. Чем отличаются методы одомашнивания, применявшиеся первобытным человеком, от современных?

Современный человек использует в своей селекционной работе методику *сознательного отбора.* Она заключается в том, что селекционер ставит перед собой определенную задачу и ведет отбор по одному-двум признакам. Такой поход позво-

ляет достигнуть больших успехов за относительно короткое время. Первобытные люди не ставили себе цели вывести какую-либо определенную породу или сорт. Но в пищу они использовали худших животных и растения и, напротив, сохраняли наиболее ценные организмы (самую удойную корову, кур, которые несут больше яиц). Такой метод называется *бессознательным отбором*. Его значение и скорость образования сорта (породы) значительно ниже.

§ 45. Селекция микроорганизмов

Вопрос 1. Какое значение для народного хозяйства имеет селекция микроорганизмов?

Микробиология и связанные с ней прикладные технологии в настоящий момент имеют огромное значение для народного хозяйства. Так, микроорганизмы используются в хлебопечении, пивоварении, виноделии, для изготовления многих молочнокислых продуктов, квашения овощей. Помимо пищевой промышленности, технологии с использованием деятельности бактерий и грибов применяются в металлургии — это очистка пород, выделение ценных металлов. В медицине — синтез важнейших белков (например, инсулина).

Вопрос 2. Приведите примеры промышленного получения и использования продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.

Примеры использования микроорганизмов в промышленности чрезвычайно многообразны. В хлебопечении, например, все виды дрожжевого теста изготавливаются при помощи дрожжевых грибов.

В пивоварении и виноделии сбраживание и специфический вкус напитков во многом определяется участвующими в процессе микроорганизмами.

В приготовлении молочнокислых продуктов — использование йогуртового или кефирного грибка.

В медицинской промышленности — это получение гормона инсулина и белка интерферона за счет внедрения генов этих белков в хромосому кишечной палочки.

Вопрос 3. Что такое биотехнология?

Технологию получения необходимых человеку продуктов из живых клеток или с их помощью называют *биотехнологией*.

Одним из основных методов биотехнологии является *клеточная инженерия*: создание клеток нового типа на основе их гибридизации, реконструкции и культивирования; объединение целых клеток,

принадлежавших различным видам (и даже относящихся к разным царствам — растениям и животным), с образованием клетки, несущей генетический материал обеих родительских клеток, и другие операции. Клеточная инженерия используется для решения теоретических проблем в биотехнологии, для создания новых форм растений, обладающих полезными для человека признаками и одновременно устойчивых к болезням.

При помощи методов биотехнологии ученым удается улучшить различные качества растений и животных, например, выращиваемые на искусственных питательных средах клетки и ткани растений составляют основу разнообразных технологий в сельском хозяйстве. Так получены растения, устойчивые к вирусам и болезнетворным микроорганизмам, гербицидам; растения, способные синтезировать токсины, ядовитые для насекомых-вредителей; растения с чужеродными генами, контролирующими синтез белков холодоустойчивости и белков с улучшенным аминокислотным составом.

Вопрос 4. Что такое генная инженерия?

Генная инженерия (*генетическая инженерия*) — раздел молекулярной генетики, связанный с целенаправленным

созданием вне живого организма новых комбинаций генетического материала, способного размножаться в клетке-хозяине и синтезировать конечные продукты обмена.

Решающую роль в исследованиях сыграли также методы выделения индивидуальных генов, получение их в достаточных количествах путем клонирования, т. е. практически неограниченного размножения в бактериальных клетках; последние синтезируют белок, кодируемый чужим для них геном, в больших количествах. Так, при помощи кишечной палочки получают интерфероны — белки, подавляющие размножение вирусов, и инсулин, регулирующий уровень глюкозы в крови, гормон роста, а также другие биологически активные вещества и лекарственные препараты.

Перенос генов дает, кроме того, возможность преодолевать межвидовые барьеры и передавать отдельные признаки одних организмов другим.

Раздел 5

Взаимоотношения организма и среды. Основы экологии

Глава 17

Биосфера, ее структура и функции

§ 46. Структура биосферы

Вопрос 1. Из чего состоит биосфера?

Биосфера — оболочка Земли, заселенная и преобразуемая живыми организмами; совокупность всех живых организмов и продуктов их жизнедеятельности. Границы биосферы простираются в атмосфере до озонового экрана (около 20 км), в литосфере Земли — до 5—7 км в глубину и в толщу всей гидросферы, т. е. во все области, где есть живые организмы. В биосфере выделяют живое вещество — *биомассу*, неживое (инертное) — *косное вещество* (компоненты атмосферы, гидросферы и литосферы), *биокосное вещество* — продукт взаимодействия живых организмов с окружающей средой и кос-

ным веществом (почвы) и *биогенное вещество* — все, что произведено живыми организмами (каменный уголь, нефть, газ, руды, мел, мрамор, известняк).

Вопрос 2. Охарактеризуйте оболочки Земли, в которых обитают живые организмы, — атмосферу, гидросферу, литосферу.

Атмосфера. Газовая оболочка состоит в основном из азота и кислорода. В небольших количествах в ней содержится углекислый газ и озон. Состояние атмосферы оказывает большое влияние на физические, химические и биологические процессы на поверхности Земли и в водной среде. Для биологических процессов наибольшее значение имеют кислород, используемый для дыхания и минерализации мертвого органического вещества; диоксид углерода, участвующий в фотосинтезе; озон, экранирующий земную поверхность от жесткого ультрафиолетового излучения. Азот, диоксид углерода, пары воды образовались в основном за счет вулканической деятельности, а кислород — в результате фотосинтеза.

Гидросфера. Вода — важный компонент биосферы и один из необходимых факторов существования живых организмов. Основная ее часть (95%) находится в Мировом океане, который занимает око-

ло 70% поверхности земного шара и содержит 1300 млн км^3 воды. Поверхностные воды (озера, реки) включают всего 0,182 млн км^3. Значительные запасы воды (24 млн км^3) содержат ледники. Большое значение имеют газы, растворенные в воде, — кислород и углекислый газ. Их содержание широко варьирует в зависимости от температуры и присутствия в них живых организмов. В воде содержится в 60 раз больше углекислого газа, чем в атмосфере. Гидросфера формировалась в связи с развитием литосферы, которая в течение геологической истории Земли выделяла большое количество водяного пара.

Литосфера. Основная масса организмов, обитающих в пределах литосферы, находится в почвенном слое, глубина залегания которого не превышает нескольких метров. Почва включает минеральные вещества, образующиеся при разрушении горных пород, и органические вещества — продукты жизнедеятельности организмов.

Вопрос 3. Чем определяются границы распространения живых организмов в биосфере?

Границы жизни в биосфере простираются в атмосфере до озонового экрана (около 20 км), который задерживает гу-

бительную для жизни коротковолновую часть ультрафиолетового излучения солнца. В литосфере Земли жизнь распространена до 5—7 км в глубину, что обусловлено температурой земных недр и уровнем проникновения воды в жидком состоянии. В гидросфере — на всю ее толщу.

Вопрос 4. Сравните суммарную биомассу суши и океана.

Живые организмы в пределах биосферы распределены очень неравномерно. На большой высоте и в глубинах гидросферы и литосферы организмы встречаются относительно редко. Жизнь сосредоточена главным образом на поверхности земли, в почве и приповерхностном слое океана.

Общую массу живых организмов оценивают в $2,43 \cdot 10^{12}$ т. Суммарная биомасса океана составляет всего $0,03 \cdot 10^{12}$ т, или 0,13% биомассы всех существ, обитающих на Земле.

Вопрос 5. Какой вклад в биомассу Земли вносят растения и какой — животные?

Биомасса организмов, обитающих на суше, на 92,2% представлена зелеными растениями и на 0,8% — животными и микроорганизмами. В океане на долю рас-

тений приходится 6,3%, а на долю животных и микроорганизмов — 93,7% всей биомассы.

Вопрос 6. Перечислите биологические полимеры, входящие в состав живых систем. Укажите их основные функции.

Биологическими полимерами являются белки, углеводы и нуклеиновые кислоты.

Функции белков

1. Каталитическая. Все биологические катализаторы — ферменты имеют белковую природу.

2. Пластическая — строительная. Белки входят в состав клеточной мембраны и образуют немембранные структуры клетки (например, цитоскелет) и часть межклеточного вещества.

3. Транспортная. Гемоглобин переносит кислород в крови; в мембранах клеток имеются специальные транспортные белки, активно переносящие определенные вещества в клетку.

4. Регуляторная. Некоторые гормоны имеют белковую природу, например инсулин, гормоны гипофиза.

5. Сигнальная. На наружной поверхности клеточной мембраны имеется множество специфических рецепторов гликоп-

ротеидной природы, воспринимающих внешние воздействия (гормоны, другие биологически активные вещества) или определяющих характер взаимодействия клетки с вирусом.

6. Двигательная. Все виды движения обеспечиваются специфическими сократительными белками (актин, миозин; микротрубочки веретена деления).

7. Защитная. В ответ на внедрение инородных веществ (антигенов) клетками крови (лейкоцитами) синтезируются специальные белки — антитела. Их взаимодействие приводит к образованию безвредного компонента «антиген — антитело».

8. Энергетическая. При расщеплении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии (4,2 ккал).

Функции углеводов

1. Энергетическая. Глюкоза — основной источник энергии в организме. При сгорании 1 г глюкозы образуется 17,6 кДж (4,2 ккал) энергии.

2. Сигнальная. Углеводы входят в состав гликопротеидных рецепторов на поверхности клеточной мембраны.

3. Резервная. Запас питательных веществ в клетке в виде зерен крахмала и глыбок гликогена.

4. Пластическая. Углеводы образуют клеточную стенку растений (целлюлоза), грибов (хитин). Формируют наружный хитиновый скелет членистоногих.

Наиболее богаты углеводами растительные клетки, где их содержание иногда достигает до 90% сухой массы (клетки клубней картофеля, семена). В животных клетках содержание углеводов не превышает 2—5%.

Функции нуклеиновых кислот

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) осуществляет хранение наследственной информации о последовательности аминокислот в белках, передачу этой информации на иРНК во времени синтеза белка в клетке и передачу наследственной информации из поколения в поколение.

Рибонуклеиновые кислоты (РНК) представлены в трех видах, каждый из которых выполняет свою функцию. Так, иРНК переносит информацию из ядра с ДНК в цитоплазму к месту синтеза белка; рРНК является структурным компонентом рибосом; тРНК транспортирует аминокислоты к месту синтеза белка.

Вопрос 7. Какие уровни организации живой материи вы знаете? (см. с. 4—7)

Вопрос 8. Как взаимосвязаны различные уровни организации живой материи? (см. с. 7)

§ 47. Круговорот веществ в природе

Вопрос 1. В чем заключается главная функция биосферы?

Главная функция биосферы заключается в обеспечении круговорота химических элементов, который выражается в циркуляции веществ между атмосферой, почвой, гидросферой и живыми организмами.

Вопрос 2. Расскажите о круговороте воды в природе.

Вода — основа жизни на Земле, универсальный растворитель, среда для большинства биохимических реакций.

Вода испаряется с поверхности Мирового океана и растений и образует облака. В атмосфере вода конденсируется под действием более низких температур и выпадает на землю в виде осадков — дождя, росы, снега. С током рек и ручьев выпавшие осадки возвращаются в Мировой океан, часть их поглощается растениями и животными. Вода вновь испаряется и цикл повторяется вновь.

Вопрос 3. Какие организмы поглощают диоксид углерода из атмосферы?

Диоксид углерода — углекислый газ (CO_2), употребляется фотосинтезирующи-

ми организмами в ходе темновой фазы процессов фотосинтеза.

Вопрос 4. Каким путем связанный углерод возвращается в атмосферу?

Углерод возвращается в атмосферу:

1) в виде CO_2 в ходе процессов дыхания живых организмов;

2) при окислении (разложении) органических веществ, конечными продуктами которого являются CO_2 и вода;

3) при растворении известняков.

Вопрос 5. Опишите круговорот азота в природе.

В природе азот в основном существует в свободной форме в виде инертного газа — N_2. Живые организмы способны усваивать только связанный азот в форме нитрат-иона NO_3^- или аммония NH_4^+. Поэтому азот является основным лимитирующим фактором питательных веществ в живых системах. Способностью связывать свободный азот обладают некоторые бактерии — этот процесс называется азотфиксацией. Азотфиксирующие бактерии обитают в клубеньках бобовых растений — гороха, фасоли и других и преобразуют свободный азот N_2 в ион аммония NH_4^+, который используется для построения аминокислот, белков и нуклеотидов. Большинство же растений, не способных к фиксации азота, получают азот из поч-

вы в виде нитрат-иона NO_3^- и ассимилируют его, превращая в ион NH_4^+. Гетеротрофные организмы поглощают азот в виде аминокислот и азотистых оснований при поедании биомассы других организмов. После смерти всех живых организмов их тела разлагаются бактериями и грибами в присутствии кислорода, а соединения азота окисляются по схеме: $NH_4^+ + O_2 \longrightarrow NO_3^- + H_2O$. Таким же образом может происходить окисление аммиака нитрифицирующими бактериями, получающими энергию за счет окисления неорганического вещества, т. е. используя хемотрофный путь питания. Обратный процесс превращения связанного азота в инертный называется денитрификацией. Он происходит в бескислородных условиях под действием денитрифицирующих бактерий, использующих в качестве окислителя вместо кислорода нитрат-ион:

$$C_{орг} + NO_3^- \longrightarrow CO_2 + N_2.$$

Таким образом замыкается круговорот азота, что позволяет запасам этого важнейшего биогенного элемента в живых системах не истощаться.

Вопрос 6. Какую роль играют микроорганизмы в круговороте серы?

Находящиеся глубоко в почве и морских осадочных породах соединения серы с ме-

таллами — сульфиды перерабатываются микроорганизмами в сульфаты, которые и поглощаются растениями. С помощью бактерий осуществляются отдельные реакции окисления-восстановления. Глубоко залегающие сульфаты восстанавливаются некоторыми микроорганизмами до H_2S, который поднимается вверх и окисляется аэробными бактериями до сульфатов.

§ 48. История формирования сообществ живых организмов

Вопрос 1. Изложите историю возникновения материков.

Сотни миллионов лет назад континентов не было и суша представляла собой монолитный массив — Пангею. Около 200 млн лет назад, в триасе мезозойской эры, единый суперматерик раскололся на две крупные части: Лавразию и Гондвану. Последняя двинулась на юг: она включала будущие Антарктиду, Австралию, Индию, Африку и Южную Америку, которые впоследствии обособились в отдельные континенты вследствие продолжавшихся разломов и подвижек земной коры. Европа и Северная Америка еще долго составляли единое целое. Такое расположение континентов сложилось к началу кайнозойской эры, т. е. около 65 млн лет назад.

Вопрос 2. Расскажите, как изоляция материков отразилась на их животном и растительном мире.

Вопрос 3. Приведите примеры, характеризующие своеобразие животного мира Австралии, Южной Америки и других континентов.

Например, Австралия сохранила до наших дней яйцекладущих и сумчатых млекопитающих — это утконос, ехидна, коала, большой кенгуру, сумчатая мышь, вомбат, которые на других материках были вытеснены более совершенными высшими зверями. В Новой Зеландии до сих пор обитает представитель давно вымершего отряда первоящеров — Гаттерия. Южная Америка сравнительно недавно соединилась с Северной Панамским перешейком, и ее животный мир представлен броненосцами, муравьедами, ленивцами, тапирами и другими формами, которых нет ни в Северной Америке, ни в Евразии. В то же время фауна и флора Северной Америки и Евразии очень сходны вследствие того, что Берингов пролив возник на месте перешейка в период формирования современных сообществ.

Вопрос 4. Приведите примеры, характеризующие влияние климатических условий на формирование фауны и флоры.

От полюсов к экватору увеличивается количество солнечной энергии, падающей

на единицу земной поверхности. В зависимости от этого, т. е. от температурного режима, режима освещенности и влажности формируются специфические сообщества растений и животных. Например, полярные пустыни образуются в условиях малой освещенности, низких температур и высокой влажности.

Вопрос 5. Что изучает наука экология?

Экология (от греч. *«ойкос»* — дом) — наука, изучающая взаимоотношения живых организмов и их сообществ с окружающей средой и между собой.

§ 49. Биогеоценозы и биоценозы

Вопрос 1. Что такое биогеоценозы? Назовите и охарактеризуйте как можно подробнее составляющие их компоненты.

Биогеоценоз — это устойчивое сообщество организмов, находящихся в постоянном взаимодействии друг с другом и окружающей средой. *Биогеоценоз* — целостная саморегулирующаяся и самоподдерживающая система. Он включает следующие обязательные компоненты:

1) климатические условия, неорганические (азот, углерод, углекислый газ, вода,

минеральные соли) и органические вещества (белки, углеводы, липиды);

2) автотрофные организмы — продуценты органических веществ;

3) гетеротрофные организмы — потребители готовых органических веществ — консументов первого (растительноядные животные) и второго порядков (хищники);

4) редуценты — деструкторы и детритофаги, которые разлагают остатки мертвых растений и животных, превращая их в простые минеральные соединения.

Вопрос 2. Что такое биоценоз? Какие показатели его характеризуют?

Биоценоз — сообщество живых организмов, обитающих на определенной территории и взаимодействующих между собой.

Биоценоз характеризуется:

1) видовым разнообразием, т. е. числом видов растений и животных, образующих данный биоценоз;

2) плотностью популяций, т. е. числом особей данного вида, отнесенным к единице площади или единице объема (для водных и почвенных организмов);

3) биомассой, т. е. общим количеством живого органического вещества, выраженного в единицах массы.

Вопрос 3. Что такое биомасса? В результате чего она образуется?

Биомасса — общее количество живого органического вещества, выраженная в единицах массы. Количество биомассы, образующейся в определенном регионе, зависит от ряда факторов. Наиболее важным из них является наличие в почве или воде (для водных экосистем) биогенных микроэлементов Na, K, Ca, P, кислорода и освещенности. Из наземных сообществ наибольшее количество биомассы приходится на экосистемы мангровых и тропических лесов. Гораздо меньше биомассы на единицу площади приходится в лесах средней полосы и еще меньше в тайге и тундре. В водных экосистемах наиболее богатыми являются отмели полярных морей, в особенности шельфовые зоны, лиманы, апвелинги — участки, где течения, направленные от дна к поверхности, выносят со дна океана большое количество биогенных элементов. Например, Перуанский апвелинг в районе побережья Чили и Перу. Экваториальные воды бедны жизнью. Лимитирующим фактором для развития живых организмов является нехватка кислорода, который плохо растворяется в теплых экваториальных водах. Исключение составляют экосистемы коралловых рифов, часто встречающиеся в тропических водах.

§ 50. Абиотические факторы среды

Вопрос 1. Что такое абиотические факторы среды?

Абиотические факторы — факторы неживой природы: температура, освещенность, влажность, роза ветров в данном регионе, микроэлементный состав почв и воды.

Вопрос 2. Какую роль для жизнедеятельности организмов играют ультрафиолетовые лучи?

Ультрафиолетовые лучи с длиной волны более 0,3 мкм составляют примерно 10% лучистой энергии, достигающей земной поверхности. В небольших дозах они необходимы животным и человеку. Под их воздействием в организме образуется витамин D. Насекомые зрительно различают ультрафиолетовые лучи и пользуются этим для ориентации на местности в облачную погоду.

Вопрос 3. Какую часть спектра видимого излучения солнца наиболее активно поглощает хлорофилл зеленых растений?

Наибольшее влияние на организмы оказывает видимый свет с длиной волны от 0,4 до 0,75 мкм. Он менее всего ослабляется при прохождении через плотные облака и воду. Поэтому фотосинтез может

идти и при пасмурной погоде и под слоем воды определенной толщины.

Вопрос 4. Что такое теневыносливые растения? Приведите примеры.

Теневыносливые растения — это растения, способные осуществлять свою жизнедеятельность в условиях низкой освещенности (приспособившиеся к тени). Например, крапива двудомная, гардения и др.

Вопрос 5. Что такое светолюбивые растения? Приведите примеры.

Светолюбивые растения — это растения, способные осуществлять свою жизнедеятельность в условиях повышенной освещенности. Например, хлебные злаки — пшеница, рожь, ячмень.

Вопрос 6. Какую роль в жизнедеятельности организмов играет световой режим?

Световой режим (*фотопериодизм*) — изменение физиологических реакций растений в зависимости от режима освещенности. Так, в умеренных зонах выше и ниже экватора сигналом для подготовки к изменению температурных условий служит продолжительность светового дня, которая в отличие от других факторов,

всегда одинакова в определенное время года. Фотопериод представляет собой как бы пусковой механизм, включающий физиологические процессы, последовательно приводящие к росту и цветению растений весной, плодоношению летом и сбрасывания ими листьев осенью. Например, только в условиях длинного дня цветут и плодоносят томаты. Напротив, для образования корнеплода редиса необходим короткий световой день. В условиях длинного дня редис цветет. Изменение длины светового дня воспринимается органами зрения у животных или специальными пигментами в листьях у растений.

Вопрос 7. Какие приспособления в условиях недостатка воды развиваются у растений? у животных?

Виды растений и животных, обитающие в зонах с недостаточной степенью увлажнения, в процессе естественного отбора эффективно приспособились к неблагоприятным условиям засушливости.

У таких растений мощно развита корневая система, повышено осмотическое давление клеточного сока, способствующее удержанию воды в тканях, утолщена кутикула листа, сильно уменьшены или превращены в колючки листовые пластинки. У некоторых растений (саксаул) листья утрачиваются, а фотосинтез осу-

ществляется зелеными стеблями. При отсутствии воды рост пустынных растений прекращается, в то время как влаголюбивые растения в таких условиях увядают и гибнут. Кактусы способны запасать большое количество воды в тканях и экономно ее расходовать. Аналогичное приспособление обнаружено у африканских пустынных молочаев.

У пустынных животных тоже есть целый ряд физиологических адаптаций, позволяющих переносить недостаток воды. Мелкие животные — грызуны, пресмыкающиеся, членистоногие извлекают воду из пищи. Источником воды служит также жир, накапливающийся у некоторых животных в больших количествах (горб у верблюда). В жаркое время года многие животные (грызуны, черепахи) впадают в спячку, продолжающуюся несколько месяцев.

§ 51. Интенсивность действия факторов среды

Вопрос 1. Как называют благоприятную для организмов интенсивность действия фактора внешней среды?

Благоприятная интенсивность действия любого фактора для каждого вида называется *зоной оптимума экологического фактора*, или просто — *оптимумом*.

8 - 1743 Захаров

Вопрос 2. Что называют пределом выносливости, и что его определяет?

Пограничные значения фактора, за которыми наступает гибель организма, называют верхним и нижним *пределами выносливости.*

Вопрос 3. Что такое ограничивающий фактор?

Фактор, находящийся в недостатке или избытке по сравнению с оптимальной величиной, называют *ограничивающим*, поскольку он делает невозможным процветание вида в данных условиях. Например, низкая концентрация кислорода в экваториальных водах делают их безжизненными, хотя по остальным факторам — освещенность, температура, наличие микроэлементов показатели удовлетворительны. Впервые на существование подобных факторов указал немецкий химик Ю. Либих.

Вопрос 4. Как меняется выносливость организмов к действию экологических факторов на разных стадиях онтогенеза?

На разных этапах онтогенеза организмы могут проявлять неодинаковую выносливость к тому или иному фактору. Например, у бабочки мельничной огневки — одного из вредителей муки и зерновых

продуктов — критическая минимальная температура для гусениц −7 °С, для взрослых форм −22 °С, а для яиц −27 °С. Мороз в −10 °С погубит гусениц, но не принесет вреда яйцам и взрослым формам.

§ 52. Биотические факторы среды

Вопрос 1. Какие факторы среды называют биотическими?

Биотические факторы — факторы живой природы. Это — наличие кормовой базы, видовое разнообразие сообщества, количество хищников, распространенность заболеваний и паразитов в сообществе.

Вопрос 2. Расскажите о видовом разнообразии обитателей пресноводного водоема. Каковы формы их взаимоотношений?

Животный мир пресноводного водоема богат и разнообразен. В воде и иле, покрывающем дно, обитают многочисленные простейшие, мелкие рачки — циклопы, личинки насекомых, плоские черви — планарии, в грунте водоемов — свободноживущие круглые и кольчатые черви. На листьях водных растений сидят пресноводные гидры, очень многочисленны разнообразные моллюски, насекомые, например крупный хищный клоп гладыш или водяной скорпион. Наконец, в пресноводных водоемах обычно обитают раститель-

ноядные и хищные рыбы, амфибии и их личинки — головастики. Взаимоотношения в данном сообществе в первую очередь определяются пищевыми потребностями. Одноклеточные водоросли служат пищей простейшим, низшим ракообразным — циклопам и дафниям, личинкам насекомых, фильтрующим двустворчатым моллюскам. Высшие растения поедаются растительноядными рыбами, скоблящими брюхоногими моллюсками, личинками некоторых насекомых. В свою очередь, мелкие рачки, черви, личинки насекомых служат пищей рыбам и амфибиям. Хищные рыбы охотятся на растительноядных. В воде кормятся некоторые млекопитающие, например выхухоль, питающаяся моллюсками, насекомыми и их личинками, иногда рыбой. Мертвые органические останки падают на дно. На них развиваются бактерии, которых, в свою очередь, потребляют простейшие, фильтрующие моллюски и т. д. Таким образом, пищевые отношения служат регулятором численности видов, входящих в биоценоз.

Вопрос 3. Опишите видовой состав и пространственную структуру биоценозов лиственного леса.

Биоценоз лиственного леса характеризуется не только видовым разнообразием,

но и сложной структурой. Растения, обитающие в лесу, различаются по высоте их наземных частей. В связи с этим в растительных сообществах выделяют несколько «этажей», или ярусов. Первый ярус — древесный — составляют самые светолюбивые виды — дуб, липа. Второй ярус включает менее светолюбивые и более низкорослые деревья — грушу, клен, яблоню. Третий ярус состоит из кустарников — лещины, бересклета, калины и др. Четвертый ярус — травянистый. Такими же этажами распределены и корни растений. Ярусность наземных растений и их корней позволяет лучше использовать солнечный свет и минеральные запасы почвы. В травяном ярусе в течение сезона происходит смена растительного покрова. Одна группа трав, называемая эфемерами, — светолюбивые. Это медуница, хохлатка, ветреница; они начинают рост ранней весной, когда нет листвы на деревьях и поверхность почвы ярко освещена. Эти травы за короткий срок успевают образовать цветки, дать плоды и накопить запасные питательные вещества. Летом на этих местах под покровом распустившихся деревьев развиваются теневыносливые растения. Кроме растений в лесу обитают многочисленные виды других групп организмов: в почве — бактерии, грибы, водоросли, простейшие, круглые

и кольчатые черви, личинки насекомых и взрослые насекомые. В травяном и кустарниковом ярусах сплетают свои сети пауки. Выше в кронах лиственных пород обильны гусеницы пядениц, шелкопрядов, листоверток, взрослые формы жуков листоедов, хрущей. В наземных ярусах обитают многочисленные позвоночные — амфибии, рептилии, разнообразные птицы, из млекопитающих — грызуны (полевки, мыши), зайцеобразные, копытные (лоси, олени), хищные — лисица, волк. В верхних слоях почвы встречаются кроты.

Вопрос 4. В каких отношениях находятся друг с другом обитатели биоценозов? Охарактеризуйте эти связи.

Все обитатели биоценоза находятся друг с другом в пищевых отношениях. Так, например, в биоценозе пресноводного водоема одноклеточные водоросли служат пищей простейшим, низшим ракообразным — циклопам и дафниям, личинкам насекомых, фильтрующим двустворчатым моллюскам. Высшие растения поедаются растительноядными рыбами, скоблящими брюхоногими моллюсками, личинками некоторых насекомых. В свою очередь мелкие рачки, черви, личинки насекомых служат пищей рыбам и амфибиям. Хищные рыбы охотятся на расти-

тельноядных. В воде кормятся некоторые млекопитающие, например выхухоль, питающаяся моллюсками, насекомыми и их личинками, иногда рыбой. Мертвые органические останки падают на дно. На них развиваются бактерии, которых, в свою очередь, потребляют простейшие, фильтрующие моллюски и т. д. Пищевые отношения служат регулятором численности видов, входящих в биоценоз.

Вопрос 5. Что такое цепь питания и что лежит в ее основе?

Ряд взаимосвязанных видов, из которых каждый предыдущий служит пищей последующему, носит название *цепи питания*. В основе цепей питания лежат зеленые растения — продуценты, с них начинается большинство пищевых цепей.

Вопрос 6. В чем сущность правила экологической пирамиды?

Правило экологической пирамиды

Масса каждого последующего звена в трофической цепи прогрессивно уменьшается.

Это происходит потому, что в каждом звене пищевой цепи при каждом переносе энергии 80—90% ее теряется, рассеиваясь в форме тепла. В среднем из 1 тыс. кг

зеленых растений образуется 100 кг тел травоядных животных, хищники могут построить из этого количества пищи только 10 кг своего тела. Соответственно и количество животных на каждой последующей ступени пирамиды меньше. Графически это правило нашло отражение в экологических пирамидах. Выделяют пирамиды численности, отражающие число особей на каждом этапе пищевой цепи; пирамиды биомассы, отражающие количество синтезированного на каждом уровне органического вещества, и пирамиды энергии, демонстрирующие количество энергии в пище на каждой ступени.

Вопрос 7. Чем определяется устойчивость биоценозов?

Устойчивость биоценоза определяется разнообразием его видового состава.

Чем богаче видовой состав биоценоза, тем устойчивее сообщество в целом.

§ 53. Взаимоотношения между организмами

Вопрос 1. Какие формы взаимоотношений между организмами вы знаете?

1. ***Симбиоз*** — сожительство. Это форма взаимоотношений, при которой оба партнера или один из них извлекают поль-

зу от другого, не причиняя при этом ему вреда.

2. ***Антибиоз*** — форма взаимоотношений, когда обе взаимодействующие популяции или одна из них испытывают отрицательное влияние.

3. ***Нейтрализм*** — форма взаимоотношений, при которой обитающие на одной территории организмы не оказывают влияния друг на друга.

Вопрос 2. Приведите примеры симбиоза и отметьте положительные стороны такого типа взаимодействия для обоих партнеров.

Симбиоз (сожительство) — это форма взаимоотношений, при которой оба партнера или один из них извлекают пользу от другого, не причиняя при этом ему вреда. Выделяют следующие формы симбиоза:

Кооперация — взаимовыгодное сосуществование представителей разных видов, не являющееся, однако, обязательным. Например, рак отшельник и актиния.

Мутуализм — форма взаимополезного сожительства, когда присутствие партнера становится обязательным условием существования каждого из них. Например, термиты и жгутиковые простейшие, обитающие в их кишечнике. Термиты не могут сами переваривать целлюлозу, ко-

торой питаются, а жгутиконосцы получают питание, защиту и благоприятный микроклимат.

Комменсализм — взаимоотношения, при которых один вид получает выгоду, а другому это безразлично. Например, рыбы лоцманы или растения эпифиты.

Вопрос 3. Дайте определение хищничества и приведите примеры из животного и растительного мира.

Хищничество — явление, когда одни животные, растения или грибы питаются другими животными, которых они ловят и умерщвляют. Среди животных хищниками являются волк, хорек, выдра и др. Среди растений также бывают хищники, как, например, встречающееся на наших болотах хищное растение росянка, поедающая насекомых, или тропическая венерина мухоловка, питающаяся аналогичным образом. Также известны примеры хищничества среди грибов — некоторые грибы способны захватывать гифами (выростами грибницы) и поедать круглых червей, обитающих в почве.

Вопрос 4. Что такое паразитизм? Расскажите о разных формах паразитизма; приведите примеры.

Паразитизм — явление, когда организмы используют другие виды не только

как место обитания, но и как постоянный источник питания.

Различают несколько форм паразитизма. Паразиты могут быть *временными*, когда организм-хозяин подвергается нападению лишь на короткий срок — на время питания (к ним относятся клещи, оводы, вши, блохи), и *постоянными*, когда паразит обитает и питается на хозяине в течение всей жизни (трихинна, ленточные черви). По локализации выделяют *эндопаразитов*, обитающих внутри организма, например бычий цепень, аскариды, лямблии, и *наружных паразитов* (экзопаразитов) — клещей, блох, оводов и др.

Вопрос 5. К каким изменениям в строении тела и процессах жизнедеятельности приводит паразитический образ жизни?

Образ жизни паразитов, вызывая в процессе эволюции глубокие изменения в строении и жизнедеятельности, служит причиной появления у них многих приспособлений к новым условиям существования. У паразитов развиваются органы прикрепления — присоски, крючки, коготки и т. д. У кровососущих животных увеличивается вместимость пищеварительной системы за счет появления слепых выростов кишечной трубки (клещи, пиявки). Многие паразиты утрачивают

отдельные органы и целые системы — органы зрения, передвижения. У них упрощается строение органов чувств. Паразитические формы характеризуются очень высокой продуктивностью. Так, свиной цепень за сутки может выделить до 5 млн яиц. В громадном количестве образуются семена растений паразитов. В основном для паразитических форм характерна дегенерация всех органов и систем за исключением репродуктивной, которая, напротив, гипертрофирована. Известны низшие паразитические раки, самки которых лишены каких-либо органов, кроме яичников. Всасывание пищи происходит путем диффузии через поверхность тела.

Вопрос 6. Как человек использует паразитов в своей практической деятельности?

В практической деятельности человека большой интерес представляет использование паразитов для борьбы с переносчиками инфекционных заболеваний или с вредителями сельского хозяйства. Существуют паразитические низшие грибы, которые поражают насекомых и их личинок. В настоящее время предпринимаются попытки культивирования грибов — паразитов насекомых. Достигнуты определенные успехи в снижении численности златогузки, тлей, сосновой совки

путем заражения насекомых грибами. В биологических методах борьбы с вредителями сельского хозяйства начинают широко использовать форму паразитизма, сопровождающуюся обязательной гибелью хозяина. Известны насекомые-наездники, которые откладывают свои яйца в яйца других насекомых — капустной совки, клопов черепашек и др. Личинки наездников развиваются за счет тканей своих хозяев, которые при этом погибают. Наездников стали разводить в лабораториях и с их помощью эффективно снижать численность вредителей. Биологические методы борьбы с вредителями приобретают все большее значение и в будущем позволят сократить применение ядохимикатов в сельском хозяйстве.

Глава 18

Биосфера и человек

§ 54. Природные ресурсы и их использование

Вопрос 1. Как отразилась на окружающей среде деятельность первобытного человека?

Экономической основой жизни в палеолите (каменный век — 20—30 тыс. лет назад) была охота на крупных животных —

благородного оленя, северного оленя, шерстистого носорога, осла, лошадь, мамонта, тура. Интенсивное истребление крупных травоядных животных привело к довольно быстрому сокращению их численности и исчезновению многих видов.

Вопрос 2. К какому периоду развития человеческого общества относится зарождение сельскохозяйственного производства?

В эпоху неолита (9—10 тыс. лет назад) делаются первые попытки одомашнивания животных и разведения растений. Развивается подсечное земледелие, зарождаются методики обработки металлов.

Вопрос 3. Охарактеризуйте неисчерпаемые природные ресурсы. Расскажите, как человек их использует.

Неисчерпаемые природные ресурсы подразделяются на ***космические***, ***климатические*** и ***водные***. Это энергия солнечной радиации, морских волн, ветра. С учетом огромной массы воздушной и водной среды планеты неисчерпаемыми считают атмосферный воздух и воду. Выделение это относительно, так как во многих регионах Земли уже возникла острая нехватка пресной воды.

Наиболее полно человек эксплуатирует воду и атмосферный воздух. Без воздуха была бы невозможна сама жизнь. Вода используется человеком для питья, орошения сельскохозяйственных культур, хозяйственных структур, других бытовых нужд. В последнее время во всем мире разрабатывают и активно внедряют методики получения энергии за счет неисчерпаемых ресурсов Земли — строятся приливно-отливные, солнечные и ветряные электростанции.

Вопрос 4. Что такое исчерпаемые природные ресурсы?

Исчерпаемые природные ресурсы — это ресурсы биосферы, которые могут закончиться. Исчерпаемые ресурсы делят на *возобновляемые* (лес, пушнина, плодородие почв) и *невозобновляемые* (нефть, газ, полезные ископаемые).

Вопрос 5. Какие ресурсы называют возобновляемыми?

К *возобновляемым ресурсам* относят растительный и животный мир, плодородие почв, т. е. ресурсы, которые могут восстановить свои прежние количественные показатели. Это леса, промысловые животные, плодородие почв.

Вопрос 6. Какие ресурсы относятся к невозобновляемым?

Невозобновляемыми являются *ресурсы*, которые не могут восстановить свои прежние количественные показатели: нефть, газ, каменный уголь, полезные ископаемые.

§ 55. Последствия хозяйственной деятельности человека для окружающей среды

Вопрос 1. Что является причиной и каковы последствия загрязнения атмосферы?

Основной причиной загрязнения атмосферы являются сжигание природного топлива и металлургическое производство. Наиболее опасен выделяющийся при этом газ — сернистый ангидрид (SO_2). Он вызывает разрушение хлорофилла, засыхание листьев и хвои, разрушение пыльцевых зерен. Растворяясь в воде, он выпадает в осадках в виде кислоты, принося вред всему живому.

Каждый год в результате сжигания топлива в атмосферу поступают миллиарды тонн CO, содержание углекислого газа в атмосфере за последние 100 лет возросло на 10%. CO_2 препятствует тепловому излучению с поверхности Земли, благодаря

чему развивается «парниковый эффект». Пары различных углеводородов — ацетилена, этилена, метана и других вместе с парами воды образуют ядовитый туман — смог.

Вопрос 2. Каковы причины возможного возникновения недостатка воды в ряде районов мира?

Масштабы использования водных ресурсов постоянно увеличиваются. Это связано с ростом населения, развитием промышленности и орошаемого земледелия. Суточное потребление воды на хозяйственные нужды составляет 50 л на одного человека в сельской местности и 150 л на человека в городе. Огромные количества воды тратятся на промышленные нужды и на орошение сельскохозяйственных культур. Постоянное увеличение водопотребления ведет к опасности «водного голода», что обусловливает необходимость разработки мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов.

Вопрос 3. К чему приводит загрязнение вод Мирового океана?

Значительному загрязнению подвергаются воды морей и океанов. С речным стоком в Мировой океан попадают отходы промышленных предприятий, смывы с полей, удобрения и сельскохозяйствен-

ные яды. В ходе техногенных катастроф и нерациональных методов добычи в море попадают нефтепродукты. Все это может приводить к гибели отдельных организмов и даже целых морских сообществ. В ряде случаев выловленные моллюски и рыбы оказывались непригодны в пищу из-за высокой концентрации отравляющих веществ в их телах.

Вопрос 4. Как сказывается хозяйственная деятельность человека на структуре и плодородии почвы?

В ходе хозяйственной деятельности человека ежегодно вместе с урожаем из почвы изымаются миллионы тонн необходимых биогенных элементов: азота, калия, фосфора и др. При отсутствии пополнения почвы соединениями азота их запас может быть израсходован за 50—100 лет. Этого не происходит, поскольку культурное земледелие предусматривает внесение в почву органических и минеральных удобрений. Однако помимо этого с целью увеличения плодородия почв необходимо производить правильный севооборот, т. е. засеивать один и тот же участок разными культурами в разные годы. Включение в севооборот бобовых культур обогащает почвы азотом. К числу антропогенных повреждений почвы относятся эрозии, кото-

рые представляют собой разрушение и снос почвенного покрова потоками воды или ветром. Широко распространена и наиболее разрушительна водная эрозия. Она возникает на склонах и развивается при неправильной обработке земли. При нарушении растительного покрова талые воды беспрепятственно размывают почвенный слой и подлежащую породу, в результате чего образуются овраги, уменьшая полезную площадь обрабатываемых земель.

Значительные территории со сформированными почвами изымаются из сельскохозяйственного оборота вследствие открытого способа разработки полезных ископаемых. Вырытые глубокие карьеры и отвалы грунта не только разрушают земли, подлежащие разработке, но и нарушают гидрологический режим местности. В районах подземной добычи полезных ископаемых формируется провально-терриконовый тип местности. Провалы образуются в результате возникновения пустот под земной поверхностью, а терриконы — в тех местах, где складывается пустая порода. Терриконы (земляные конусы) занимают много места, сильно пылят при ветре, а многие из них продолжают тлеть внутри, выделяя едкий дым и сернистый газ.

Вопрос 5. Каково прямое влияние человека на растительный и животный мир Земли?

Прямое влияние человека на растения и животных заключается в истреблении видов, представляющих для него пищевую или иную материальную ценность.

Считается, что с 1600 г. человеком истреблено более 160 видов птиц, не менее 100 видов млекопитающих. Среди них дикий бык — тур, дикая лошадь — тарпан, морское млекопитающее стеллерова корова и многие другие. Сплошные вырубки леса ведут к изменению структуры растительного сообщества и гибели многих видов обитавших на территории вырубок.

Вопрос 6. Какие последствия влечет за собой исчезновение биологических видов?

Как известно, основным фактором, обеспечивающим устойчивость биоценозов, является их видовое разнообразие. Поэтому выпадение из пищевой цепи хотя бы одного звена может приводить к необратимым последствиям для всего сообщества в целом. Примером может служить резкое снижение численности промысловых рыб в результате массовой гибели зоопланктона, являвшегося их пищевой базой. Помимо этого, исчезновение биологического вида является непоправимой катастрофой с этической и эстетической

точки зрения. Человечество лишается возможности созерцать великолепные творения природы. Так полностью истреблены некоторые виды орхидей, млекопитающих и птиц.

§ 56. Охрана природы и основы рационального природопользования

Вопрос 1. Зачем и почему необходимы бережное отношение к природе и ее охрана?

Человек, как любой живой организм на Земле, вовлечен в сложную систему взаимоотношений живых организмов между собой и условиями окружающей среды. Изменения, происходящие в природе в ходе хозяйственной деятельности человека, как правило, отрицательно сказываются и на самом человеке. Так, уменьшение количества пахотных земель из-за нарушения целостности почв и загрязнение пресноводных водоемов ведут к возникновению пищевого и водного голода в ряде регионов Земли. Выбросы в атмосферу, почву и водную среду тяжелых металлов, радиоактивных веществ, углеводородов приводит к повышенному мутагенезу, а следовательно, к увеличению количества онкологических заболеваний в популяциях человека. Запыленность городов повышает частоту заболеваний бронхо-легоч-

ной системы и сокращает жизнь человека. Некоторые процессы приобретают необратимый характер на биосферном уровне. Например, образование и увеличение площади пустынь в связи с нарушением целостности почв (Сахара) или изменение гидрологического режима (Аральское море). Исчезновение многих видов растений и животных обедняет наш мир не только с биологической, но и с эстетической точки зрения. Необходимо помнить, что человек не сможет выжить вне среды обитания и поэтому он должен заботиться о поддержании ее постоянства — гомеостаза.

Вопрос 2. В чем преимущество использования биологических методов борьбы с вредителями сельского хозяйства?

В настоящий момент в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями в основном применяются ядохимикаты. Это приводит к отравлению не только вредителей, но и многих полезных видов — птиц, мелких млекопитающих, рыб. Смыв ядохимикатов с полей приводит к загрязнению Мирового океана. Применение биологических видов борьбы с вредителями сельского хозяйства (использование грибов, вызывающих заболевания в их популяции, естественных хищников) позволяет сни-

зить количество ядохимикатов, применяемых в сельском хозяйстве, и избежать негативных эффектов их применения.

Вопрос 3. Почему нельзя пить воду из источников в пределах города?

В городах сосредоточена основная масса населения и наибольшее количество крупных производств. Городские инфраструктуры (канализация, помойки, транспортная сеть) выделяют огромное количество загрязняющих веществ.

Все эти ядовитые компоненты в огромном количестве накапливаются в городской почве и вымываются грунтовыми водами, которые находят себе выход на поверхность в виде родников и источников. Поэтому употребление воды из них может привести к отравлению ядохимикатами, вспышкам кишечных инфекций, накоплению в организме человека вредных веществ, в том числе и мутагенов.

Вопрос 4. Какие мероприятия по защите почвы вам известны?

Для повышения продуктивности сельского хозяйства громадное значение имеют правильная агротехника и специальные мероприятия по охране почвы. Например, борьбу с оврагами успешно ведут путем посадки растений — деревьев, кус-

тарников, трав. Растения защищают почвы от смыва и уменьшают скорость течения воды. Окультуривание оврагов позволяет использовать их в хозяйственных целях. Разнообразие посевов и посадок по оврагу способствует образованию стойких биоценозов. В зарослях поселяются птицы, что имеет немаловажное значение в борьбе с вредителями. Защитные лесонасаждения в степях препятствуют водной и ветровой эрозии.

Вопрос 5. Расскажите о задачах заповедников.

В настоящее время особенно остро стоит вопрос сохранения не только отдельных видов животных, мест их обитания, но и сообществ в целом.

Создание сети заповедников позволяет сохранить многие виды, поставленные на грань исчезновения, и даже повысить их численность. В зависимости от конкретных задач и условий выделяют *заказники*, занимающиеся повышением численности определенного вида растений или животных (например, Фролихинский заказник на озере Байкал), *биосферные заповедники*, задачей которых является сохранение биогеоценоза в целом (Приокско-террасный биосферный заповедник) и *национальные парки* — охраняемые территории, на которых может в том чис-

ле проживать и человек. Национальные парки ставят своей задачей сохранение не только ландшафтов, биоценозов, но и культурных и исторических памятников определенного региона (Кенозерский национальный парк).

Дальнейшее развитие заповедников и национальных парков позволит наиболее эффективно сохранять биологическое разнообразие нашей природы.

Оглавление

Для заметок

Захаров Владимир Борисович
Петров Дмитрий Юрьевич
Захарова Екатерина Тимофеевна

ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ УЧЕБНИКА С. Г. МАМОНТОВА, В. Б. ЗАХАРОВА Н. И. СОНИНА «БИОЛОГИЯ. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ. 9 КЛАСС»

Зав. редакцией *И. Б. Морзунова*
Ответственный редактор *Г. М. Пальдяева*
Оформление *М. Г. Мицкевич*
Художественный редактор *М. Г. Мицкевич*
Технический редактор *Н. И. Герасимова*
Компьютерная верстка *Г. М. Татаринова*
Корректор *Г. И. Мосякина*

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.15.953.Д.005481.08.04 от 25.08.2004.

Подписано к печати 28.07.05. Формат 70×90[1]/[32].
Бумага типографская. Гарнитура «Школьная». Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,77. Тираж 15 000 экз. Заказ № 1743.

ООО «Дрофа». 127018, Москва, Сущевский вал, 49.

Предложения и замечания по содержанию и оформлению книги просим направлять в учебную редакцию издательства «Дрофа»: 127018, Москва, а/я 79. Тел.: (095) 795-05-41. E-mail: chief@drofa.ru

По вопросам приобретения продукции издательства «Дрофа» обращаться по адресу:
127018, Москва, Сущевский вал, 49.
Тел.: (095) 795-05-50, 795-05-51. Факс: (095) 795-05-52.

Торговый дом «Школьник».
109172, Москва, ул. Малые Каменщики, д. 6, стр. 1А.
Тел.: (095) 911-70-24, 912-15-16, 912-45-76.

Сеть магазинов «Переплетные птицы».
Тел.: (095) 912-45-76.

Отпечатано вполном соответствии с качеством предоставленных диапозитивов в ОАО «Тульская типография».
300600, г. Тула, пр. Ленина, 109.